

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局10/509898
(43) 国際公開日
2003年10月9日 (09.10.2003)

PCT

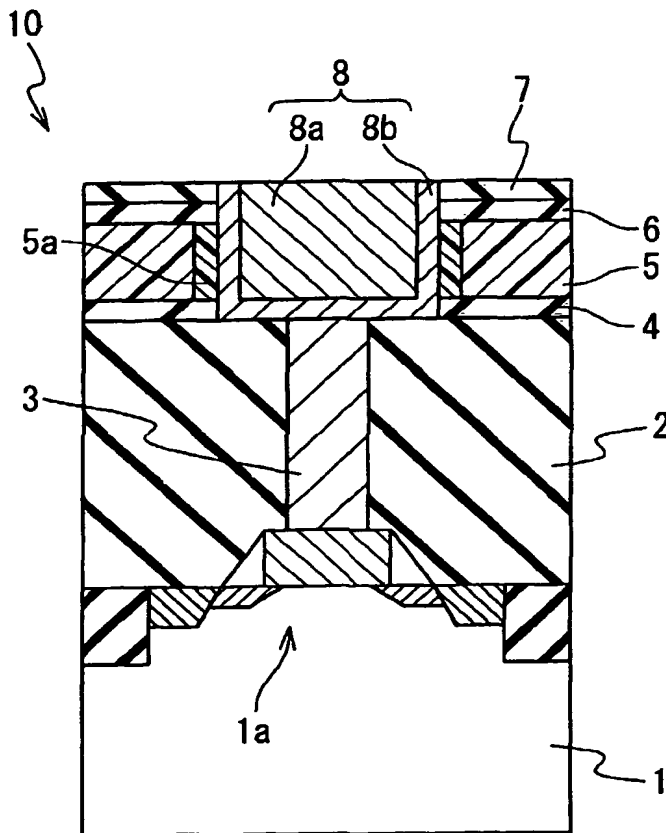
(10) 国際公開番号
WO 03/083935 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H01L 21/768, 21/302 (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/04063
- (22) 国際出願日: 2003年3月31日 (31.03.2003) (72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大竹 浩人 (OHTAKE, Hiroto) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 多田 宗弘 (TADA, Munehiro) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 原田 恵充 (HARADA, Yoshimichi) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7番1号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 脇岡 健一郎 (HIJIOKA, Ken'ichiro) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-101873 2002年4月3日 (03.04.2002) JP

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 半導体装置及びその製造方法



(57) Abstract: A technique of protecting an interlayer insulating film formed of an organic low-dielectric material from damage caused during the semiconductor process, reducing the leak current of the interlayer insulating film, and improving the reliability of the semiconductor device. The semiconductor device comprises an organic insulating film (5, 26, 28) having an opening. The organic insulating film (5, 26, 28) has a modified portion (5a, 26a, 28a) facing the opening. The modified portion (5a, 26a, 28a) contains fluorine atoms and nitrogen atoms. The concentration of the fluorine atoms in the modified portion (5a, 26a, 28a) is lower than that of the nitrogen atoms. While suppressing the corrosion of the conductor buried in the opening, the modified layer (5a, 26a, 28a) protects the organic insulating film (5, 26, 28) from damage caused during the semiconductor process.

(57) 要約: 有機低誘電率材料で形成された層間絶縁膜を半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護し、層間絶縁膜のリーク電流の低減と、半導体装置の信頼性の向上とを実現するための技術を提供する。本発明による半導体装置は、開口を有する有機絶縁膜 (5、26、28) を備えている。前記有機絶縁膜 (5、26、28) は、前記開口に面して改質部 (5a、26a、28a) を有する。改質部 (5a、26a、28a) は、フッ素原子と窒素原子とを含む。改質部 (5a、26a、28a) における前記フッ素原子の濃度は、前記窒素原子の濃度よりも低い。このような改質層 (5a、26a、28a) は、開口に埋め込

まれる導電体の腐食を抑制しながら、有機絶縁膜 (5、26、28) を半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護する。



五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 齋藤 忍 (SAITOH, Shinobu) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP). 林 喜宏 (HAYASHI, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒108-8001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 工藤 実 (KUDOH, Minoru); 〒140-0013 東京都品川区南大井六丁目 2 4 番 1 0 号 カドヤビル 6 階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ,

TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

半導体装置及びその製造方法

技術分野

- 5 本発明は、半導体装置及びその製造方法に関する。本発明は、特に有機低誘電率材料を層間絶縁膜に使用した半導体装置及びその製造方法に関する。

背景技術

- 10 半導体装置の配線遅延を減少するために、低い誘電率を有する有機材料を層間絶縁膜に使用することが検討されている。ジビニルシロキサンペンゾシクロブテン（BCB）重合体、ポリフェニレン、ポリアリエルエーテル、ポリアリレン等の炭化水素系ポリマー、メチルシリカのような有機シリカは、層間絶縁膜として好適な有機材料である。
- 15 実効的な誘電率を更に低減するために、ポーラス構造（多孔構造）を有する有機シリカを層間絶縁膜として使用することも検討されている。このような技術は、例えば、"Dependency of Basic Properties of Porous Silica ILD Thin Films in the k Range 1.6-2.7 on CMP Compatibility", H. Hanahata et al., Conference
- 20 Proceedings ULSI XVI, 2001, Materials Research Society, p. 629に開示されている。

有機低誘電率材料を層間絶縁膜として使用するためには、有機低誘電率材料によって形成された有機膜を加工する必要がある。このため、有機膜を加工する有機膜加工技術の開発が進められている。

- 25 アンダーカットやボーイングのような形状異常を回避し、有機低誘電率材料膜を所定形状に加工することを目的とした第1の有機膜加工技術が、公開特許公報（特開2000-36484）に開示されている。公知のその第1の有機膜加工技術では、水素原子含有気体と窒素原子含有気体との混合ガスが、有機低誘電率材料膜のエッチングガス

として使用されている。水素原子含有気体と窒素原子含有気体との混合ガスの使用は、エッチングの異方性を高め、アンダーカットやボーイングのような形状異常を回避する。当該公報には、更に、有機低誘電率材料としてポリオルガノシロキサン架橋ビスベンゾシクロブテン
5 が使用されるときに、酸素ガスとジフルオロメチレン (CH_2F_2) とが既述の混合ガスに添加される旨が開示されている。

更に、有機低誘電率材料膜のエッチング形状を良好にし、且つ、有機低誘電率材料膜の膜質の劣化をなくすことを目的とした第2の有機膜加工技術が、公開特許公報（特開2001-35832）に開示されてい
10 る。公知のその第2のエッチング技術では、水素原子と窒素原子との一方又は両方を含む第1ガスと、リン又は硫黄又はシリコン原子を容易に遊離する第2ガスとの混合ガスが、有機低誘電率材料膜のエッチングガスとして使用されている。エッチングガスから酸素が排除されていることにより、有機低誘電率材料膜の膜質の劣化が防止さ
15 れている。この混合ガスを使用して有機低誘電率材料膜をエッチングすると、エッチングによって形成されるパターンの側壁に、リン、硫黄、又はシリコン原子が付着し、重合して、側壁保護膜が形成される。側壁保護膜の形成により、第2のエッチング技術は、有機低誘電率材料膜を異方的にエッチングすることを可能にする。当該公報には、
20 更に、エッチングガスである混合ガスに窒素ガスが添加されることにより、形成される側壁保護膜にも窒素が添加され、より強固な側壁保護膜が形成される旨が開示されている。

更に、プラズマガスによる有機低誘電率材料の異方性エッチング方法を提供することを目的とした第3の有機膜加工技術が、公開特許公報（特開2000-269185）に開示されている。公知のその第
25 3のエッチング技術では、酸素ガスとアンモニアとの混合ガス、酸素ガスと水との混合ガス、酸素ガスとメタンとの混合ガス、酸素ガスと水素ガスとの混合ガスがエッチングガスとして使用されている。この

ようなエッチングガスの使用は、パターンの側壁にパッシベーション層を形成し、異方性エッチングを可能にする。当該公報には、更に、ガスに少しの割合の窒素を任意に加えても良い旨が開示されている。

更に、半導体プロセスの際に、有機低誘電率材料を保護し、デバイスの全有効低誘電率を保持することを目的とした第4の有機膜加工技術が、公開特許公報（特開2001-351976）に開示されている。第4の有機膜加工技術では、有機低誘電率材料膜の上に、1層または2層の犠牲的ハードマスクと永久的ハードマスクとが形成される。デュアルダマシン構造を形成するためには、3層のハードマスクが形成される。1層または2層の犠牲的ハードマスクは、永久的ハードマスクの形成を可能にする。永久的ハードマスクは、有機低誘電率材料膜を保護し、その誘電率の変化を防ぐ。当該公報には、有機低誘電率材料膜のエッチングに、0～500 sccmのAr、0～20 sccmのC₄F₈、0～100 sccmのC₂F₆、0～100 sccmのCHF₃、0～100 sccmのCF₄、0～100 sccmのO₂、0～100 sccmのN₂、0～100 sccmのCO、0～100 sccmのCO₂がエッチングガスとして使用される旨が開示されている。

一般的なエッチング技術として、公開特許公報（特開平7-193049）は、チャージアップをすることなくエッチング可能なエッチング装置を開示している。更に、公開特許公報（特開2001-351897）は、電子を確実に加速することができるプラズマエッチング装置を開示している。しかし、これらのエッチング技術は、有機低誘電率材料に特有の問題の解決を意図したものではない。

発明の開示

本発明の目的は、有機低誘電率材料で形成された層間絶縁膜を半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護し、層間絶縁膜のリーク電流の低減と、半導体装置の信頼性の向上とを実現するための技術

を提供することにある。

本発明の他の目的は、配線を構成する銅が、有機低誘電率材料で形成された層間絶縁膜に拡散するのを防止する技術を提供することにある。

- 5 本発明の更に他の目的は、配線に銅を使用し、層間絶縁膜に有機低誘電率材料を使用した半導体装置の製造工程を削減する技術を提供することにある。

- 10 本発明の一の側面において、半導体装置は、開口を有する有機絶縁膜を備えている。前記有機絶縁膜は、前記開口に面して改質部を有する。改質部は、窒素原子を含む。このような改質層は、物理的、機械的に強固な構造を有しており、有機絶縁膜を半導体プロセスの間に加えられるダメージから有効に保護する。

- 15 開口の形状を最適化するためには、エッチングプロセスの過程で、フッ素原子を改質層に混入せざるを得ない場合がある。この場合、改質部における前記フッ素原子の濃度は、前記窒素原子の濃度よりも低いことが好ましい。フッ素原子の濃度の低減は、開口に埋め込まれる導電体の腐食を抑制する。

- 20 改質層は、銅の拡散バリアとして作用するため、このような半導体装置は、前記開口の内部に、銅を主成分とする金属導体を備えている場合に特に有効である。

- 25 当該半導体装置において、銅を主成分とする金属導体が、改質部に直接に接し、金属導体と有機絶縁膜との間に、銅のバリア膜が設けられないことが可能である。このような構造は、バリア膜を形成する工程が必要なく、工程数の減少と、コストの低減との点で好ましい。

本発明の他の側面において、半導体装置の製造方法は、

- (a) 基板の上面側に、有機絶縁膜を形成する工程と、
- (b) 前記有機絶縁膜を、エッチングして開口を形成する工程と、
- (c) 前記有機絶縁膜の前記開口に面する位置に、窒素原子を含

む改質部を形成する工程

とを備えている。このような改質層は、有機絶縁膜を半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護する。

- 5 改質層にフッ素原子が含まれる場合には、開口に埋め込まれる導電体の腐食を防止する観点から、前記フッ素原子の濃度が、前記窒素原子の濃度よりも低いことが好ましい。

この場合、前記開口のエッチングを窒素ガスとフルオロカーボンとを含むエッチングガスを使用して実行することにより、前記（b）工程と前記（c）工程とは同時に行うことが可能になる。

- 10 エッチングガスに含まれる窒素ガスのモル比が、前記エッチングガス全体の50%以上であることは、有機絶縁膜を保護する効果が高い改質層の形成を可能にする点で好ましい。好適な改質層を形成するためには、エッチングガスに含まれる前記窒素ガスのモル比は、エッチングガス全体の70%以上であることが更に好ましい。

- 15 窒素ガスとフルオロカーボンとを含むエッチングガスを使用して前記開口のエッチングを行う場合、エッチングのために発生されるプラズマの発生と遮断とが交互に行われることは、改質層の形成を促進する点で好ましい。

- 20 また、前記（b）工程が行われている間に、前記基板へのバイアスの供給と遮断とが交互に行われることは、改質層の形成を促進する点で好ましい。

- 前記（c）工程は、前記（b）工程の後、前記有機絶縁膜の前記開口に面する位置を、窒素原子を含むプラズマに曝すことによって行われることがある。このようにして改質層を形成することは、改質層の形成を確実化できる点で好ましい。
- 25

本発明の更に他の側面において、半導体装置の製造方法は、

（d）有機絶縁膜を形成する工程と、

（e）有機絶縁膜を、窒素原子を含むプラズマでエッチングして開口を形成する工程

とを備えている。前記（e）工程では、前記プラズマの発生の供給と遮断とが交互に行われる。このような半導体装置の製造方法では、有機絶縁膜を保護する改質層が形成される。窒素原子を含むプラズマの発生の供給と遮断とが交互に行われることは、有機絶縁膜の前記開口に面する位置に、改質層の成長を促進する。

本発明の更に他の側面において、半導体装置の製造方法は、

（d）基板の上面側に有機絶縁膜を形成する工程と、

（e）有機絶縁膜を、窒素原子を含むプラズマでエッチングして開口を形成する工程

とを備えている。前記（e）工程が行われている間、基板へのバイアスの供給と遮断とは、交互に行われる。基板へのバイアスの供給と遮断とが交互に行われることは、有機絶縁膜の開口に面する位置に、改質層の成長を促進する。

本発明の更に他の側面において、半導体装置の製造方法は、

（f）有機絶縁膜を形成する工程と、

（g）有機絶縁膜をエッチングして開口を形成する工程と、

（h）前記開口を形成した後、有機絶縁膜を、窒素原子を含むプラズマに曝す工程

とを備えている。このような半導体装置の製造方法は、有機絶縁膜

の開口に面する位置に、有機絶縁膜を保護する改質層を成長させる。

本発明の更に他の側面において、半導体装置の製造方法は、

（i）有機化合物により第1層間絶縁膜を形成する工程と、

（j）前記第1層間絶縁膜の上面側に、有機化合物により第2層間絶縁膜を形成する工程と、

（k）前記第2層間絶縁膜を貫通する配線溝と、前記第1層間絶縁膜を貫通するビア孔とを、一のエッチングプロセスによって形成する工程と、

（l）前記配線溝の側壁と前記ビア孔の側壁とに、窒素原子を含む改質部を形成する工程と、

(m) 前記 (1) ステップの後、前記配線溝と前記ビア孔とを、
導体によって埋め込む工程

とを備えている。このような半導体装置の製造方法は、改質部の形成後、導体の形成までに実行される半導体プロセスを少なくすることができる。このため、形成された改質部のダメージが少ない状態で、導体を前記配線溝と前記ビア孔とに埋め込む工程を実施できる。

改質層には、フッ素原子が含まれることがある。この場合、前記フッ素原子の濃度は、前記窒素原子の濃度よりも低いことが好ましい。

- 10 前記開口のエッチングを、窒素ガスとフルオロカーボンとを含むエッチングガスが使用して実行することにより、前記 (1) 工程と前記 (k) 工程とを同時に行うことが可能になる。

上記に記述されているように、本発明により、有機低誘電率材料で形成された層間絶縁膜を半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護し、層間絶縁膜のリーク電流の低減と、半導体装置の信頼性の向上とを実現するための技術が提供される。

また、本発明により、配線を構成する銅が、有機低誘電率材料で形成された層間絶縁膜に拡散するのを防止する技術が提供される。

- 20 また、本発明により、配線に銅を使用し、層間絶縁膜に有機低誘電率材料を使用した半導体装置の製造工程を削減する技術が提供される。

図面の簡単な説明

- 25 図 1 は、本発明による半導体装置の実施の第 1 形態を示す断面図である。

図 2 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 3 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図で

ある。

図 4 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

5 図 5 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 6 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 7 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

10 図 8 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 9 は、改質層 5 a と、付着物層 1 2 との組成の違いを示す図である。

15 図 10 は、有機絶縁膜 5 のエッチングを行うエッチング装置の一例を示す。

図 11 は、放電が間欠的に行われたときの、有機絶縁膜 5 がエッチングの過程を示している。

図 12 は、窒素プラズマを照射して改質層 5 a を形成する過程を示す。

20 図 13 は、窒素プラズマを照射して改質層 5 a を形成する過程を示す。

図 14 は、本発明による半導体装置の実施の第 2 形態を示す断面図である。

25 図 15 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 16 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 17 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 1 8 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 1 9 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

5 図 2 0 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 2 1 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

10 図 2 2 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 2 3 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 2 4 は、実施の第 2 形態の半導体装置の変形例を示す断面図である。

15 図 2 5 は、実施の第 3 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 2 6 は、実施の第 3 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

20 図 2 7 は、実施の第 3 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 2 8 は、実施の第 3 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 2 9 は、実施の第 3 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

25 図 3 0 は、実施の第 3 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 3 1 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

図 3 2 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図

である。

図 3 3 は、実施の第 2 形態の半導体装置の製造方法を示す断面図である。

5

発明を実施するための最良の形態

以下、添付図面を参照しながら、本発明による半導体装置及びその製造方法の実施の一形態を説明する。

10

(実施の第 1 形態)

図 1 は、本発明の実施の第 1 形態の半導体装置 1 0 を示している。半導体装置 1 0 は、表面に MOS トランジスタ 1 a が形成された半導体基板 1 を備えている。半導体基板 1 は、層間絶縁膜 2 によって被覆されている。層間絶縁膜 2 には、層間絶縁膜 2 を貫通して MOS トランジスタ 1 a に到達する導電性のプラグ 3 が形成されている。

15

層間絶縁膜 2 の上には、シリコン窒化膜 4、有機絶縁膜 5、シリコン酸化膜 6、及びシリコン窒化膜 7 が、順次に形成されている。シリコン窒化膜 4 は、有機絶縁膜 5 のエッチングにおいて使用されるエッチングストッパである。有機絶縁膜 5 は、誘電率が低い有機低誘電率材料で形成され、典型的には、ジビニルシロキサンベンゾシクロブテン (BCB) 重合体で形成される。BCB 膜で形成された有機絶縁膜 5 の比誘電率は、2.4~2.7 である。有機絶縁膜 5 には、ポリフェニレン、ポリアリエールエーテル、ポリアリレン等の炭化水素系ポリマー、メチルシリカのような有機シリカ等の他の有機材料が使用されることが可能である。シリコン酸化膜 6、及びシリコン窒化膜 7 は、有機絶縁膜 5 のエッチングで使用するデュアルハードマスクである。

20

25

シリコン窒化膜 4、有機絶縁膜 5、シリコン酸化膜 6、及びシリコン窒化膜 7 には、それらを貫通して層間絶縁膜 2 に到達する配線

溝が形成されている。その配線溝には、銅配線 8 が形成されている。
銅配線 8 は、配線溝の底面及び側面を被覆するバリア膜 8 a と、銅
膜 8 b とを含む。バリア膜 8 a は、配線溝の底面及び側面を被覆す
るタンタル膜（図示されない）及びそのタンタル膜を被覆する窒化
5 タンタル膜（図示されない）で形成されている。銅膜 8 b は、銅を
主成分とする。銅膜 8 b は、バリア膜 8 a の上に配線溝を埋め込む
ように形成されている。

有機絶縁膜 5 のうち、バリア膜 8 a に接する部分には、改質層 5
a が形成されている。後述されるように、改質層 5 a は、有機絶縁
10 膜 5 を、窒素ガスと C_4F_8 とを含むエッチングガスを使用してエッ
チングする間に形成され、従って、炭素原子と窒素原子とフッ素原
子とを含んでいる。炭素原子と窒素原子とを多数含む改質層 5 a に
は、炭素－窒素結合が多数形成されている。

炭素－窒素結合が多く形成されている改質層 5 a は、機械的、化
15 学的に強固な構造を有しており、更に、絶縁性が高い。このような
特性を有する改質層 5 a は、銅配線 8 からの銅の拡散を防止し、更
に、銅配線 8 から有機絶縁膜 5 を介して流れるリーク電流を低減す
る。

一方、改質層 5 a のフッ素濃度は、銅配線 8 の腐食の原因となら
20 ないように低くされ、窒素濃度よりも低くされている。このような
改質層 5 a は、銅膜 8 b を腐食させる原因となることなく、有機絶
縁膜 5 を有効に保護する。

改質層 5 a は、有機絶縁膜 5 のエッチングの際にプラズマ中に放
出される炭素、及びフッ素が有機絶縁膜 5 の側壁に付着して形成さ
25 れるエッチング付着物で形成されるのではないことに留意されるべ
きである。窒素ガスと C_4F_8 とを含むエッチングガスを使用したエ
ッチングの間に有機絶縁膜 5 の側壁に付着するエッチング付着物は、
窒素原子とフッ素原子とを含む有機ポリマーである。このエッチン
グ付着物は、フッ素原子を多量に含み、そのフッ素濃度は、窒素濃

度よりも高い。このエッチング付着物は、半導体装置 10 の製造プロセスの実行中に、配線を構成する銅が腐食される原因になるため、有機洗浄工程によって実質的に完全に除去される。

図 2 から図 8 は、実施の第 1 形態の半導体装置の製造方法を示している。図 2 から図 8 に示されているように、本実施の形態では、
5 シングルダマシン技術を用いた配線の形成が行われる。

図 2 に示されているように、半導体基板 1 の表面に MOS トランジスタ 1 a が形成された後、半導体基板 1 が層間絶縁膜 2 によって被覆される。更に、層間絶縁膜 2 には、層間絶縁膜 2 を貫通して MOS トランジスタ 1 a に到達するプラグ 3 が形成される。
10

プラグ 3 の形成の後、図 3 に示されているように、シリコン窒化膜 4、有機絶縁膜 5、シリコン酸化膜 6、シリコン窒化膜 7 が、半導体基板 1 の上面側の全面に順次に形成される。

シリコン窒化膜 7 の形成の後、図 4 に示されているように、シリコン窒化膜 7 の上に、フォトレジストマスク 11 がフォトリソグラフィ技術を用いて形成される。
15

続いて、形成されたフォトレジストマスク 11 を用いて、シリコン窒化膜 7 がエッチングされる。シリコン窒化膜 7 のエッチングでは、 CH_2F_2 とアルゴンと酸素ガス (O_2) との混合ガスがエッチングガスとして使用される。シリコン窒化膜 7 のエッチングでは、シリコン酸化膜 6 の一部がエッチングされることも可能であるが、有機絶縁膜 5 が露出されてはならない。シリコン窒化膜 7 のエッチングの後、酸素プラズマを用いたアッシングが行われ、図 5 に示されているように、フォトレジストマスク 11 が除去される。
20

フォトレジストマスク 11 の除去の後、シリコン窒化膜 7 をマスクとして、シリコン酸化膜 6 がエッチングされる。シリコン酸化膜 6 のエッチングにより、有機絶縁膜 5 のエッチングに使用されるデュアルハードマスクの形成が完了する。
25

シリコン酸化膜 6 のエッチングの後、図 6 に示されているように、

シリコン酸化膜 6 とシリコン酸化膜 7 とをデュアルハードマスクとして、有機絶縁膜 5 がエッチングされる。

有機絶縁膜 5 のエッチングには、 C_4F_8 と窒素ガス (N_2) と酸素ガス (O_2) とが混合されたエッチングガスが使用される。有機絶縁膜 5 のエッチングに使用されるエッチングガスの主成分は、窒素ガスである。窒素ガスを主成分とするエッチングガスによって有機絶縁膜 5 がエッチングされることにより、プラズマに含まれる窒素ラジカルが、有機絶縁膜 5 に注入され、改質層 5 a が形成される。

窒素が添加されている改質層 5 a は、機械的、化学的に安定であり、且つ、絶縁性が高い。このような改質層 5 a は、有機絶縁膜 5 を有効に保護する。改質層 5 a を有効に形成するためには、エッチングガスに含まれる窒素ガスのモル比は、全体の 50% 以上であることが好ましく、より好適には、窒素ガスのモル比は、全体の 70% 以上であることが好ましい。

一方、エッチングガスに C_4F_8 を添加されていることにより、有機絶縁膜 5 の異方的なエッチングが実現されている。有機絶縁膜 5 のエッチングでは、 C_4F_8 の代わりに他のフルオロカーボンが使用されうる。ただし、 C_4F_8 のように、一分子に含まれる炭素の数が 2 以上であるフルオロカーボンを使用することは、エッチングの異方性を高める観点で好ましい。

このような組成を有するエッチングガスを使用して有機絶縁膜 5 をエッチングすると、改質層 5 a が形成されると同時に、プラズマ中の炭素原子、フッ素原子、及び窒素原子が有機絶縁膜 5、シリコン酸化膜 6、シリコン窒化膜 7 の側壁に付着され、付着物層 1 2 が形成される。付着物層 1 2 は、有機絶縁膜 5 の異方的エッチングを実現する役割を果たしている。

付着物層 1 2 と改質層 5 a との組成を調べるために、発明者は、 C_4F_8 と窒素ガスと酸素ガスとが混合されたエッチングガスを用いて BCB 膜の表面部のエッチングする実験を行った。この実験にお

いて、エッチングが行われるチャンバーに導入された C_4F_8 と窒素ガスと酸素ガスとの流量は、それぞれ、10 s c c m、150 s c c m、及び30 s c c mであり、従って、窒素(N_2)がエッチングガスの全体に占めるモル比は、79%であった。更に、エッチング

5 の後に、BCB膜の洗浄が行われた。エッチング直後のBCB膜の表面部の組成と、洗浄後のBCB膜の表面部の組成とが、XPS

(X-ray Photoelectron Spectroscopy)を用いて分析された。エッチング直後のBCB膜の表面部の組成は、付着物層12の組成に対応し、洗浄後のBCB膜の表面部の組成は、改質層5aの組成

10 に対応する。

図9に示されているように、エッチング直後のBCB膜の表面から得られた炭素、フッ素、窒素の信号強度は、それぞれ、5151、2189、及び626(a. u.)であった。これは、エッチング後にBCB膜の表面に残されているエッチング付着物のフッ素濃度は、

15 窒素濃度よりも高いことを意味している。即ち、図9の表は、エッチング付着物で形成される付着物層12のフッ素濃度が、窒素濃度よりも高いことを示している。

一方、洗浄され、エッチング付着物が除去されたBCB膜の表面から得られた炭素、フッ素、窒素の信号強度は、それぞれ、597

20 6、461、及び573(a. u.)であった。これは、窒素ガスを含むエッチングガスを用いたBCB膜のエッチングにより、BCB膜の表面部には、窒素が添加されることを示している。即ち、窒素ガスを含むエッチングガスを用いた有機絶縁膜5のエッチングにより、改質層5aに窒素が添加されることを意味している。更に、洗

25 浄後のBCB膜の表面部のフッ素濃度は、窒素濃度よりも低い。即ち、図9の表は、改質層5aのフッ素濃度が、窒素濃度よりも低いことを示している。

このように、有機絶縁膜5のエッチングにより形成される改質層5aと付着物層12とは、その組成が異なる。窒素濃度が高く、フ

ッ素濃度が低い改質層 5 a は、有機絶縁膜 5 の保護に使用され、フッ素濃度が高い付着物層 1 2 は、銅配線 8 を腐食する原因となるため、後述されるように、有機洗浄によって除去される。

5 有機絶縁膜 5 のエッチングは、エッチングストッパであるシリコン窒化膜 4 が露出されるまで行われ、シリコン窒化膜 4 の上面で停止される。

有機絶縁膜 5 のエッチングの後、図 7 に示されているように、有機洗浄工程により、付着物層 1 2 が実質的に完全に除去される。これにより、図 1 の銅配線 8 の腐食が防がれている。

10 続いて、シリコン窒化膜がエッチングされる条件で、半導体基板 1 の上面側の全面がエッチバックされ、図 8 に示されているように、シリコン窒化膜 4 の露出されている部分がエッチングされる。シリコン窒化膜 4 をエッチングするエッチバックの際、上述の改質層 5 a は、有機絶縁膜 5 を保護し、有機絶縁膜 5 の絶縁特性の劣化を防ぐ。
15

シリコン窒化膜 4 のエッチングにより、シリコン窒化膜 7 もエッチングされる。しかし、図 3 のシリコン窒化膜 5 及びシリコン窒化膜 7 の形成のとき、シリコン窒化膜 7 の膜厚は、シリコン窒化膜 5 の膜厚よりも厚く形成され、シリコン窒化膜 7 は、完全には除去され
20 ない。

シリコン窒化膜 4 のエッチングにより、銅配線 8 を埋め込む配線溝 1 3 が形成される。プラグ 3 は、配線溝 1 3 に露出され、プラグ 3 への電氣的接続が可能になる。

25 続いて、配線溝 1 3 の内部にバリア膜 8 a と銅膜 8 b とが埋め込まれ、銅配線 8 が形成される。銅配線 8 は、銅メッキと CMP

(Chemical Mechanical Polishing) とを用いた、当業者にとって周知の銅配線埋め込み技術により形成される。CMP の際、デュアルハードマスクを構成するシリコン酸化膜 6 及びシリコン窒化膜 7 が多く除去されることは、層間絶縁膜の実効誘電率の低減に有

効である。銅配線 8 の形成により、図 1 に示されている半導体装置 10 の形成が完了する。

以上に説明されているように、実施の第 1 形態では、有機絶縁膜 5 の側壁に、窒素が添加された改質層 5a が形成される。改質層 5a は、機械的、化学的に強固な構造を有しており、有機絶縁膜 5 を半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護する。更に、改質層 5a は、銅配線 8 からの銅の拡散を防止し、銅配線 8 から有機絶縁膜 5 を介して流れるリーク電流を低減する。

実施の第 1 形態において、有機絶縁膜 5 のエッチングでは、プラズマを生成するための放電が間欠的に行われることが好ましい。図 10 は、プラズマを生成するための放電を間欠的に行うエッチング装置の一例を示す。当該エッチング装置は、エッチングが行われるチャンバー 101 を備えている。チャンバー 101 には、フルオロカーボンガス供給ライン 111、窒素ガス供給ライン 112、及び酸素ガス供給ライン 113 が接続されている。フルオロカーボンガス供給ライン 111 は、 C_4F_8 をチャンバー 101 に供給し、窒素ガス供給ライン 112 は、窒素ガス (N_2) をチャンバー 101 に供給し、酸素ガス供給ライン 113 は、酸素ガス (O_2) をチャンバー 101 に供給する。

図 10 のエッチング装置は、平行平板型エッチング装置であり、チャンバー 101 の内部には、互いに対向する上部電極 102 と下部電極 103 とが設けられている。下部電極 103 には、ウエハ W を保持する静電チャック 104 が接続されている。有機絶縁膜 5 のエッチングの際には、上述の半導体基板 1 がウエハ W として静電チャック 104 の上に載置される。

上部電極 102 は、整合器 105 を介して高周波電源 106 に接続されている。下部電極 103 は、整合器 107 を介して高周波電源 108 に接続されている。高周波電源 106 は、プラズマをチャンバー 101 の内部で発生するために使用され、高周波電源 108

は、ウエハWにバイアスを印加するために使用される。高周波電源106と高周波電源108とは、いずれも、13.56MHzの高周波電力を出力する。高周波電源106と高周波電源108とは、制御装置109によって制御される。制御装置109は、高周波電源106による上部電極102への高周波電圧の供給と遮断とを制御し、更に、高周波電源108によるウエハWへのバイアスの供給と遮断とを制御する。

有機絶縁膜5のエッチングの際、高周波電源106が間欠的に高周波電力を上部電極102に供給すると、チャンバー101の内部では、間欠的に放電が発生する。図11は、放電が間欠的に行われたときの、有機絶縁膜5がエッチングの過程を示している。

放電が発生している期間では、放電によってプラズマ中に正イオンが生成され、生成された正イオンによって有機IDL5がエッチングされる。このとき、プラズマ中の電子のエネルギーは、イオンのエネルギーに比べて非常に高いため、フォトレジストマスク11には、電子が蓄積される。このため、有機絶縁膜5には正イオンのみが入射できる荷電分離状態が現れる。

放電が遮断されると、電子のエネルギーは、10～数10 μ sの間に急激に減少し、プラズマと有機絶縁膜5との電位差が減少する。

そのため、有機絶縁膜5に入射するイオンのエネルギーは非常に低くなり、中性ラジカルとエッチング生成物とが、有機絶縁膜5の側壁とエッチング面とに堆積する。中性ラジカルとエッチング生成物とが堆積する間、窒素ラジカルが有機絶縁膜5に拡散し、有機絶縁膜5の側壁が窒化されて改質層5aが成長する。連続的に放電が行われる場合でも、有機絶縁膜5の側壁は窒化されるが、間欠的な放電が行われることにより改質層5aの成長が促進される。

1回の放電の継続時間は、10～500 μ sであることが好ましい。放電が継続される時間が長いと、放電は安定になるが、500 μ sよりも放電の継続時間が長くなると、放電が遮断される効果が

薄くなる。一方、放電の継続時間が $10\ \mu\text{s}$ より短いと、放電が安定しない。

一方、放電が遮断される遮断時間は、 $10\sim 500\ \mu\text{s}$ であることが好ましい。放電の遮断時間が $10\ \mu\text{s}$ より短いと、電子温度が
5 実質的に低減しないため、放電が遮断される効果が薄くなる。一方、放電の遮断時間が $500\ \mu\text{s}$ より長いと、放電が安定しなくなる。

また、実施の第1形態において、有機絶縁膜5のエッチングでは、半導体基板1へのバイアスの印加が間欠的に行われることが好まし
10 図10のエッチング装置を用いて有機絶縁膜5のエッチングを行う場合、高周波電源108による上部電極104への高周波電力の供給を間欠的に行うことにより、半導体基板1に、間欠的にバイアスを印加することができる。

半導体基板1にバイアスが印加されている間、図11と同様に、フォトレジストマスク11には電子が蓄積され、荷電分離状態が現
15 れる。

半導体基板1へのバイアスの印加が遮断されると、正イオンを引き込む作用をするプラズマと有機絶縁膜5との電位差が減少し、有機絶縁膜5に入射するイオンのエネルギーが減少する。イオンのエネルギーが低下すると、有機絶縁膜5の側壁のエッチングレートが
20 低下するため、有機絶縁膜5の側壁の窒化が起こりやすくなり、改質層5aの成長が促進される。

このように、半導体基板1へのバイアスの印加が間欠的に行われることにより、改質層5aの成長が促進される。

半導体基板1へのバイアスの間欠的な印加による改質層5aの成長の促進は、上述された、間欠的な放電による改質層5aの成長の
25 促進と同時に進行されることが可能である。

また、実施の第1形態において、改質層5aの成長は、有機絶縁膜5のエッチング後に、半導体基板1の上面側に窒素プラズマを照射することによって実行されることが可能である。この場合、図1

2 に示されているように、フルオロカーボンを含むエッチングガスを用いて有機絶縁膜 5 がエッチングされる。有機絶縁膜 5 のエッチングにより、有機絶縁膜 5、シリコン酸化膜 6、及びシリコン窒化膜 7 の側壁には、エッチング付着物 1 2' が付着する。その後、図 5 1 3 に示されているように、有機洗浄によってエッチング付着物 1 2' を除去する前に、窒素プラズマが照射される。窒素プラズマの照射により、有機絶縁膜 5 の側壁に、改質層 5 a が成長する。窒素プラズマの照射による改質層 5 a の成長は、改質層 5 a の成長を確実に行うことができる点で好ましい。

- 10 窒素プラズマの照射は、エッチング付着物 1 2' を除去した後に
行われることも可能である。この場合、有機洗浄に使用される有機
洗浄液からの有機絶縁膜 5 の保護は行われませんが、有機絶縁膜 5 の
側壁への改質層 5 a の成長を一層に確実に行うことができる。

- 15 また、窒素ガスを含むエッチングガスを用いた有機絶縁膜 5 のエ
ッチングと、有機絶縁膜 5 のエッチング後の窒素プラズマの照射と
は、併用されることが可能である。これらの併用は、改質層 5 a を
一層に確実に成長させる点で好ましい。

(実施の第 2 形態)

- 20 実施の第 2 形態では、窒素を添加して有機絶縁膜の側壁に改質層
を成長する技術が、デュアルダマシンプロセスに適用されている。

- 図 1 4 は、本発明の実施の第 2 形態の半導体装置 2 0 を示してい
る。半導体装置 2 0 は、基板 2 1 と、基板 2 1 の上に形成された下
部配線構造 2 2 を備えている。基板 2 1 の内部には、MOS トラン
ジスタ及びプラグが形成されているが、それらは、いずれも図示さ
25 れていない。下部配線構造 2 2 は、積層絶縁膜 2 3 と銅配線 2 4 と
を含む。銅配線 2 4 は、積層絶縁膜 2 3 に形成された配線溝に埋め
込まれている。

下部配線構造 2 2 の上には、キャップ膜 2 5 と有機ビア層間膜 2

6 とが順次に形成されている。キャップ膜 2 5 は、シリコン窒化膜で形成されている。有機ビア層間膜 2 6 は、誘電率が低い有機低誘電率材料で形成され、典型的には、ジビニルシロキサンベンゾシクロブテン（BCB）重合体で形成される。後述されるように、キャップ膜 2 5 は、有機低誘電率材料で形成された有機ビア層間膜 2 6 のエッチングストッパとして使用される。キャップ膜 2 5 と有機ビア層間膜 2 6 とには、それらを貫通し、銅配線 2 4 に到達するビア孔が形成されている。

有機ビア層間膜 2 6 の上には、ストッパ膜 2 7 と有機トレンチ層間膜 2 8 とハードマスク膜 2 9 とが順次に形成されている。ストッパ膜 2 7 は、シリコン窒化膜で形成されている。有機トレンチ層間膜 2 8 は、誘電率が低い有機低誘電率材料で形成され、典型的には、ジビニルシロキサンベンゾシクロブテン（BCB）重合体で形成される。ストッパ膜 2 7 は、有機低誘電率材料で形成された有機トレンチ層間膜 2 8 をエッチングする際にエッチングストッパとして使用される。ハードマスク膜 2 9 は、シリコン窒化膜で形成されている。ハードマスク膜 2 9 は、有機トレンチ層間膜 2 8 をエッチングする際にハードマスクとして使用される。

ストッパ膜 2 7 と有機トレンチ層間膜 2 8 とハードマスク膜 2 9 とには、それらを貫通して有機ビア層間膜 2 6 に到達する配線溝が形成されている。その配線溝と、キャップ膜 2 5 と有機ビア層間膜 2 6 とを貫通するビア孔とは、バリア膜 3 0 によって被覆されている。バリア膜 3 0 は、配線溝とビア孔とを被覆するタンタル膜（図示されない）と、そのタンタル膜を被覆する窒化タンタル膜（図示されない）とから構成されている。バリア膜 3 0 の上には、配線溝とビア孔とを埋め込むように銅膜 3 1 が形成されている。銅膜 3 1 は、銅を主成分として形成されている。銅膜 3 1 のうち、配線溝に埋め込まれている部分は、上部配線を構成する。一方、銅膜 3 1 のうち、ビア孔に埋め込まれた部分は、その上部配線と、下部配線構

造 2 2 の銅配線 2 4 とを接続するビアとなる。

ビア孔の側面を構成する有機ビア層間膜 2 6 の側壁には、改質層 2 6 a が形成され、配線溝の側面を構成する有機トレンチ層間膜 2 8 の側壁には、改質層 2 8 a が形成されている。改質層 2 6 a 及び改質層 2 8 a は、実施の第 1 形態の改質層 5 a と同様に、窒素ガスと C_4F_8 とを含むエッチングガスを使用してエッチングする間に形成され、従って、炭素原子と窒素原子とフッ素原子とを含んで構成されている。炭素原子と窒素原子とを多数含む改質層 2 6 a 及び改質層 2 8 a には、炭素-窒素結合が多数形成されている。炭素-窒素結合が多く形成されている改質層 2 6 a 及び改質層 2 8 a は、有機ビア層間膜 2 6 と有機トレンチ層間膜 2 8 とを有効に保護する。更に改質層 2 6 a 及び 2 8 a は、銅膜 3 1 からの銅の拡散を防止し、有機ビア層間膜 2 6 と有機トレンチ層間膜 2 8 とのリーク電流を低減する。

一方、改質層 2 6 a 及び改質層 2 8 a のフッ素濃度は、銅膜 3 1 が腐食されないように、窒素濃度よりも低く抑えられている。

図 1 5 から図 2 3 は、実施の第 2 形態の半導体装置 2 0 の製造方法を示している。実施の第 2 形態では、いわゆる「ビアファーストプロセス」が使用されている。図 1 5 に示されているように、基板 2 1 の上に、積層絶縁膜 2 3 を構成するシリコン窒化膜 2 3 a、有機絶縁膜 2 3 b、及びシリコン窒化膜 2 3 c が、順次に積層される。続いて、形成された積層絶縁膜 2 3 に配線溝が設けられ、その配線溝を埋め込むように、銅配線 2 4 が形成される。銅配線 2 4 は、配線溝を被覆するバリア膜 2 4 a と、バリア膜 2 4 a の上に形成された銅膜 2 4 b とからなる。銅配線 2 4 の埋め込みは、当業者によって周知のダマシン技術により行われる。銅配線 2 4 の埋め込みにより、下部配線構造 2 2 の形成が完了する。

下部配線構造 2 2 の形成の後、図 1 6 に示されているように、キャップ膜 2 5、有機ビア層間膜 2 6、ストッパ膜 2 7、有機トレン

チ層間膜 28、及びハードマスク膜 29 が順次に形成される。キャップ膜 25、ストッパ膜 27、及びハードマスク膜 29 は、シリコン窒化膜で形成される。有機ビア層間膜 26 と、有機トレンチ層間膜 28 とは、有機低誘電率材料で形成され、典型的には、有機ビア層間膜 26 としては、ジビニルシロキサンベンゾシクロブテン（BCB）重合体を使用される。

続いて、図 17 に示されているように、基板 21 の上面側の全面に反射防止膜 32 が形成された後、反射防止膜 32 の上にフォトリジストマスク 33 が形成される。フォトリジストマスク 33 は、有機ビア層間膜 26 を貫通するビア孔の位置を規定する。

フォトリジストマスク 33 の形成の後、図 18 に示されているように、フォトリジストマスク 33 を用いて、反射防止膜 32、ハードマスク膜 29、有機トレンチ層間膜 28、ストッパ膜 27、及び有機ビア層間膜 26 が順次にエッチングされ、キャップ膜 25 に到達するビア孔 34 が形成される。

有機ビア層間膜 26 と有機トレンチ層間膜 28 とのエッチングには、 C_4F_8 と窒素ガス（ N_2 ）と酸素ガス（ O_2 ）とが混合されたエッチングガスが使用される。エッチングガスの主成分は、窒素ガスである。窒素ガスを主成分とするエッチングガスによって有機ビア層間膜 26 と有機トレンチ層間膜 28 とがエッチングされることにより、プラズマに含まれる窒素ラジカルが、有機ビア層間膜 26 と有機トレンチ層間膜 28 とに注入される。窒素ラジカルの注入により、有機ビア層間膜 26 及び有機トレンチ層間膜 28 には、それぞれ、炭素原子と窒素原子とを多数含む改質層 26a、28b が形成される。改質層 26a、28b には、炭素－窒素結合が多数形成され、改質層 26a、28b は、以下に行われる半導体製造プロセスにおいて、有機ビア層間膜 26 と有機トレンチ層間膜 28 とを有効に保護する。改質層 26a、28b のフッ素濃度は銅膜 31 が腐食されない程度に低く、窒素濃度よりも低い。但し、有機トレンチ層

間膜 28 に形成される改質層 28 b のうち、バリア膜 30 と銅膜 31 とが埋め込まれる配線溝の内部にある部分は、以下に続くプロセスで除去される。

5 実施の第 1 形態と同様に、ハードマスク膜 29、有機トレンチ層間膜 28、ストッパ膜 27、及び有機ビア層間膜 26 の側壁には、フッ素原子を多く含むエッチング付着物が付着しているが、図 18 には図示されていない。

10 続いて、図 19 に示されているように、反射防止膜 32 とフォトレジストマスク 33 とが有機洗浄工程によって除去される。有機洗浄工程により、エッチング付着物も同時に除去される。

15 続いて基板 21 の上面側の全面に反射防止膜 35 が形成された後、図 20 に示されているように、フォトレジストマスク 36 がフォトリソグラフィ技術によって形成される。ビア孔 34 の内部には、反射防止膜 35 が厚く形成され、反射防止膜 35 は、ビア孔 34 の底部にあるキャップ膜 25 を保護する。フォトレジストマスク 36 は、有機トレンチ層間膜 28、及びハードマスク膜 29 に形成される配線溝の位置を規定する。

20 続いて、図 21 に示されているように、フォトレジストマスク 36 を用いて反射防止膜 35、有機トレンチ層間膜 28、及びハードマスク膜 29 がエッチングされ、配線溝 37 が形成される。

25 有機トレンチ層間膜 28 のエッチングは、上述の有機ビア層間膜 26 のエッチングと同様に、 C_4F_8 と窒素ガス (N_2) と酸素ガス (O_2) とが混合されたエッチングガスが使用される。そのエッチングガスの主成分は、窒素ガスである。このような組成を有するエッチングガスが使用されることにより、有機トレンチ層間膜 28 の側壁には、炭素原子と窒素原子とを多数含む改質層 28 a が形成される。改質層 28 a は、以下の半導体製造プロセスにおいて、有機トレンチ層間膜 28 を有効に保護する。改質層 28 a のフッ素濃度は、銅膜 31 が腐食されない程度に低く、窒素濃度よりも低い。

配線溝 3 7 とビア孔 3 4 とが位置整合している場合には、有機トレンチ層間膜 2 8 の配線溝 3 7 に面する側壁には、既に、改質層 2 8 b が形成されている。この場合、改質層 2 8 b は、改質層 2 8 a の一部を構成することになる。

- 5 有機トレンチ層間膜 2 8 のエッチングにより、ハードマスク膜 2 9、有機トレンチ層間膜 2 8 の側壁には、フッ素原子を多く含むエッチング付着物が付着するが、そのエッチング付着物は、図 2 1 には図示されていない。

- 10 続いて、図 2 2 に示されているように、反射防止膜 3 5 とフォトリジストマスク 3 6 とが有機洗浄工程によって除去される。有機洗浄工程により、エッチング付着物も同時に除去される。改質層 2 6 a 及び改質層 2 8 a は、この有機洗浄工程のとき、それぞれ、有機ビア層間膜 2 6 及び有機トレンチ層間膜 2 8 を保護する。

- 15 更に、図 2 3 に示されているように、エッチバックによって、キャップ膜 2 5 とストッパ膜 2 7 とのうち露出されている部分が除去され、ビア孔 3 4 が銅配線 2 4 に到達する。改質層 2 6 a 及び改質層 2 8 a は、このエッチバックのとき、それぞれ、有機ビア層間膜 2 6 及び有機トレンチ層間膜 2 8 を保護する。

- 20 続いて、ビア孔 3 4 と配線溝 3 7 との側面及び底面に、バリア膜 3 0 が形成された後、銅膜 3 1 が形成され、ビア孔 3 4 と配線溝 3 7 とが埋め込まれる。銅膜 3 1 の形成により、図 1 4 に示された半導体装置 2 0 の形成が完了する。

- 25 以上に説明されているように、実施の第 2 形態では、有機ビア層間膜 2 6 と有機トレンチ層間膜 2 8 の側壁に、窒素が添加された改質層 2 6 a、2 8 a が形成される。改質層 2 6 a、2 8 a は、機械的、化学的に強固な構造を有しており、有機ビア層間膜 2 6 と有機トレンチ層間膜 2 8 とを半導体プロセスの間に加えられるダメージから保護する。更に、改質層 2 6 a、2 8 a は、銅膜 3 1 からの銅の拡散を防止し、有機ビア層間膜 2 6 と有機トレンチ層間膜 2 8 と

を介して流れるリーク電流を低減する。

実施の第2形態では、図24に示されているように、バリア膜30が半導体装置20から排除されることが可能である。この場合、銅膜31が改質層26a及び改質層28aに直接に接触する。しかし、改質層26a及び改質層28aは、銅膜31に含まれる銅のバリア膜として有効に機能するため、バリア膜30が存在しないことは、半導体装置20の動作に大きく影響しない。バリア膜30が形成されないことは、工程の数の減少と、コストの低減の観点で好ましい。

10 なお、実施の第2形態において、実施の第1形態と同様に、有機ビア絶縁膜26、及び有機トレンチ絶縁膜28のエッチングのとき、エッチングのためのプラズマを生成するための放電が間欠的に行われることが可能である。間欠的な放電は、有機ビア絶縁膜26、及び有機トレンチ絶縁膜28の側壁への改質層26a、28aの成長を促進する。

15 また、有機ビア絶縁膜26、及び有機トレンチ絶縁膜28のエッチングが行われるとき、基板21へのバイアスの印加が間欠的に行われることが可能である。間欠的なバイアスの印加は、有機ビア絶縁膜26、及び有機トレンチ絶縁膜28の側壁への改質層26a、28aの成長を促進する。

20 更に、改質層26a、28aの成長は、有機ビア絶縁膜26、及び有機トレンチ絶縁膜28のエッチングが行われた後に、窒素プラズマを有機ビア絶縁膜26、及び有機トレンチ絶縁膜28に照射することによって実行されることが可能である。窒素プラズマの照射による改質層26a、28aの成長は、改質層26a、28aを確実に形成できる点で好ましい。

(実施の第3形態)

実施の第3形態では、実施の第2形態の半導体装置20が、「ビア

ファーストプロセス」ではなく、いわゆる「デュアルハードマスクプロセス」によって形成される。

まず、実施の第2形態と同様に、図15に示されている下部配線構造22が基板21の上に形成された後、図16に示されているように、キャップ膜25、有機ビア層間膜26、ストッパ膜27、有機トレンチ層間膜28、及びハードマスク膜29が形成される。既述のように、キャップ膜25、ストッパ膜27、及びハードマスク膜29は、シリコン窒化膜で形成され、有機ビア層間膜26と、有機トレンチ層間膜28とは、有機低誘電率材料で形成される。

10 後述されるように、実施の第3形態では、有機ビア層間膜26と、有機トレンチ層間膜28とは、フォトレジスト及び反射防止膜に対して選択エッチングが可能な材料が使用される必要があり、典型的には、有機ビア層間膜26としては、ジビニルシロキサンベンゾシクロブテン（BCB）重合体が使用される。

15 実施の第3形態では、図25に示されているように、ハードマスク膜29の上に、更に、犠牲的ハードマスク膜38が形成される。犠牲的ハードマスク膜38は、シリコン酸化膜で形成される。後述されるように、犠牲的ハードマスク膜38は、最終的には半導体装置20から除去される。

20 続いて、反射防止膜39が基板21の上面側の全面に形成された後、図26に示されているように、フォトリソグラフィ技術により、フォトレジストマスク40が反射防止膜39の上に形成される。フォトレジストマスク40は、有機トレンチ層間膜28、及びハードマスク膜29とに設けられる配線溝の位置を規定する。

25 フォトレジストマスク40の形成の後、図27に示されているように、フォトレジストマスク40を用いて犠牲的ハードマスク膜38がエッチングされる。シリコン酸化膜で形成された犠牲的ハードマスク膜38のエッチングは、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜との選択比が高い条件で行われ、シリコン窒化膜で形成されたハード

マスク膜 29 は実質的にエッチングされない。犠牲的ハードマスク膜 38 のエッチングにより、フォトレジストマスク 40 が規定している配線溝のパターンが、犠牲的ハードマスク膜 38 に転写される。

5 犠牲的ハードマスク膜 38 のエッチングの後、図 28 に示されているように、反射防止膜 39 とフォトレジストマスク 40 とが酸素プラズマを用いたアッシングによって除去される。

10 続いて、反射防止膜 41 が基板 21 の上面側の全面に形成された後、図 29 に示されているように、フォトレジストマスク 42 が反射防止膜 41 の上に形成される。フォトレジストマスク 42 は、キャップ膜 25、及び有機ビア層間膜 26 を貫通して設けられるビア孔の位置を規定する。

15 フォトレジストマスク 42 の形成の後、図 30 に示されているように、フォトレジストマスク 42 を用いて、反射防止膜 41、ハードマスク膜 29、有機トレンチ層間膜 28、及びストッパ膜 27 とが順次にエッチングされる。このエッチングにより、フォトレジストマスク 42 が規定するビア孔のパターンがハードマスク膜 29 に転写される。ストッパ膜 27 がエッチングされ、有機ビア層間膜 26 が露出されると、有機ビア層間膜 26 の一部がエッチングされ得る。しかし、有機ビア層間膜 26 がエッチングされることは特に問題にならない。

20 有機トレンチ層間膜 28 のエッチングは、 C_4F_8 と窒素ガス (N_2) と酸素ガス (O_2) とが混合されたエッチングガスが使用される。そのエッチングガスの主成分は、窒素ガスである。このような組成を有するエッチングガスが使用されることにより、有機トレンチ層間膜 28 の側壁には、炭素原子と窒素原子とを多数含む改質層 28 b が形成される。改質層 28 b は、以下で実行されるプロセスにおいて、有機トレンチ層間膜 28 を有効に保護する。改質層 28 b のフッ素濃度は、銅膜 31 が腐食されない程度に低く、窒素濃度よりも低い。但し、有機トレンチ層間膜 28 に形成される改質層 28 b

のうち、バリア膜 30、及び銅膜 31 が埋め込まれる配線溝の内部にある部分は、以下に続くプロセスで除去される。

ハードマスク膜 29、及び有機トレンチ層間膜 28、及びストッパ膜 27 の側壁には、フッ素を多く含むエッチング付着物が付着するが、図 30 には図示されていない。

続いて、図 31 に示されているように、反射防止膜 41 とフォトレジストマスク 42 とが窒素／水素プラズマによって除去される。BCB 重合体で形成されている有機ビア層間膜 26 と有機トレンチ層間膜 28 とは、窒素／水素プラズマに対して耐性がある。従って、窒素／水素プラズマによる反射防止膜 41 とフォトレジストマスク 42 との除去では、エッチングされない。

窒素／水素プラズマによる反射防止膜 41 とフォトレジストマスク 42 との除去は、有機トレンチ層間膜 28 の側壁を更に窒化する。この窒化により、改質層 28b が一層に成長する。

続いて、有機洗浄工程が行われ、ハードマスク膜 29、及び有機トレンチ層間膜 28、及びストッパ膜 27 の側壁に付着したエッチング付着物が除去される。この有機洗浄工程のとき、改質層 28b は、有機トレンチ層間膜 28 を有効に保護する。

反射防止膜 41 とフォトレジストマスク 42 とが除去された後、図 32 に示されているように、犠牲的ハードマスク 38 を用いて、ハードマスク膜 29 と有機トレンチ層間膜 28 と有機ビア層間膜 26 とがエッチングされる。このエッチングでは、ハードマスク膜 29 のエッチングが終了した段階で、有機トレンチ層間膜 28 とストッパ膜 27 との間の選択比、及び有機ビア層間膜 26 とキャップ膜 25 との選択比が大きくなる条件にエッチング条件が切り換えられ、ストッパ膜 27 とキャップ膜 25 とがエッチングされずに残される。有機トレンチ層間膜 28 に形成されていた改質層 28b のうち、有機ビア層間膜 26 を貫通するビア孔に、位置整合していない部分は、このエッチングによって除去される。

このエッチングでは、 C_4F_8 と窒素ガス(N_2)と酸素ガス(O_2)とが混合されたエッチングガスが使用される。エッチングガスの主成分は、窒素ガスである。このような組成を有するエッチングガスが使用されることにより、有機ビア層間膜26と有機トレンチ層間膜28との側壁には、それぞれ、炭素原子と窒素原子とを多数含む改質層26a、28aが形成される。改質層26a、及び28aは、以下で実行されるプロセスにおいて、有機ビア層間膜26と有機トレンチ層間膜28とを有効に保護する。改質層26a、及び28aのフッ素濃度は銅膜31の腐食が起らないように低く抑えられ、窒素濃度よりも低い。

続いて、図33に示されているように、キャップ膜25とストップ膜27とのうち露出されている部分がエッチバックによって除去される。このエッチバックにより、ビア孔34は、銅配線24に到達する。このエッチバックにより、犠牲的ハードマスク38も同時に除去される。

続いて、ビア孔34と配線溝37との側面及び底面に、バリア膜30が形成された後、銅膜31が形成され、ビア孔34と配線溝37とが埋め込まれる。銅膜31の形成により、図14に示された半導体装置20の形成が完了する。

このように、図14に示された半導体装置20の形成は、実施の第3形態のデュアルマスクプロセスによっても実行可能である。但し、実施の第3形態のデュアルマスクプロセスによる半導体装置20の形成は、実施の第2形態のビアファーストプロセスによる半導体装置20の形成よりも、改質部26aに与えられるダメージが少ない点で好ましい。

図20に示されているように、実施の第2形態では、有機ビア層間膜26に形成されたビア孔の内部に反射防止膜35が形成され、更に、反射防止膜35が除去される。反射防止膜35の除去の際、有機ビア層間膜26の側壁に形成された改質部26aには、ダメー

ジが入る。このダメージは、有機ビア層間膜 26 の保護の効果を弱める可能性があり好ましくない。

一方、実施の第 3 形態では、有機ビア層間膜 26 の側壁への改質部 26 a の形成に続いて、バリア膜 30、及び銅膜 31 の形成が行われる。従って、実施の第 3 形態では、改質部 26 a に与えられるダメージは少ない。改質部 26 a のダメージが少ないことは、銅膜 31 からの銅の拡散の効果が高くなる点で好ましい。

なお、実施の第 3 形態において、実施の第 1 形態と同様に、有機ビア絶縁膜 26、及び有機トレンチ絶縁膜 28 のエッチングが行われる間に、プラズマを生成するための放電が間欠的に行われることが可能である。これにより、有機ビア絶縁膜 26、及び有機トレンチ絶縁膜 28 の側壁への改質層 26 a、28 a の成長が促進される。

また、有機ビア絶縁膜 26、及び有機トレンチ絶縁膜 28 のエッチングが行われる間に、基板 21 へのバイアスの印加が間欠的に行われることが可能である。これにより、有機ビア絶縁膜 26、及び有機トレンチ絶縁膜 28 の側壁への改質層 26 a、28 a の成長が促進される。

更に、改質層 26 a、28 a の成長は、有機ビア絶縁膜 26、及び有機トレンチ絶縁膜 28 のエッチングが行われた後に、窒素プラズマを有機ビア絶縁膜 26、及び有機トレンチ絶縁膜 28 に照射することによって実行されることが可能である。窒素プラズマの照射による改質層 26 a、28 a の成長は、改質層 26 a、28 a を確実に形成できる点で好ましい。

また、実施の第 3 形態において、実施の第 2 形態と同様に、バリア膜 30 が半導体装置 20 から排除され、図 24 に示されている半導体装置が形成されることが可能である。バリア膜 30 が形成されないことは、工程の数の減少と、コストの低減の観点で好ましい。

請求の範囲

1. 開口を有する有機絶縁膜を備え、
前記有機絶縁膜は、前記開口に面した改質部を有し、
前記改質部は、窒素原子を含む

5 半導体装置。

2. 請求の範囲第1項に記載の半導体装置において、
前記改質部は、更に、フッ素原子を含み、
前記改質部における前記フッ素原子の濃度は、前記窒素原子の濃

10 度よりも低い
半導体装置。

3. 請求の範囲第2項に記載の半導体装置において、
更に、前記開口の内部に、銅を主成分とする金属導体を備えた
15 半導体装置。

4. 請求の範囲第3項に記載の半導体装置において、
前記金属導体は、前記改質部に直接に接する
20 半導体装置。

5. (a) 基板の上面側に、有機絶縁膜を形成する工程と、
(b) 前記有機絶縁膜を、エッチングして開口を形成する工程
と、
(c) 前記有機絶縁膜の前記開口に面する位置に、窒素原子を含
25 む改質部を形成する工程
を備えた
半導体装置の製造方法。

6. 請求の範囲第5項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記改質部は、更に、フッ素原子を含み、
前記フッ素原子の濃度は、前記窒素原子の濃度よりも低い
半導体装置の製造方法。

- 5 7. 請求の範囲第6項に記載の半導体装置の製造方法において、
前記開口のエッチングでは、窒素ガスとフルオロカーボンとを含むエッチングガスが使用され、前記(b)工程と前記(c)工程とは同時に行われる
半導体装置の製造方法。

- 10 8. 請求の範囲第7項に記載の半導体装置の製造方法において、
前記窒素ガスのモル比は、前記エッチングガス全体の50%以上である
半導体装置の製造方法。

- 15 9. 請求の範囲第8項に記載の半導体装置の製造方法において、
前記窒素ガスのモル比は、前記エッチングガス全体の70%以上である
半導体装置の製造方法。

- 20 10. 請求の範囲第7項に記載の半導体装置の製造方法において、
前記(b)工程では、前記エッチングのために発生されるプラズマの発生と遮断とが交互に行われる
半導体装置の製造方法。

- 25 11. 請求の範囲第7項に記載の半導体装置の製造方法において、
前記(b)工程が行われている間に、前記基板へのバイアスの供給と遮断とが交互に行われる
半導体装置の製造方法。

1 2. 請求の範囲第 5 項に記載の半導体装置の製造方法において、
前記 (c) 工程は、前記 (b) 工程の後、前記有機絶縁膜の前記
開口に面する位置を、窒素原子を含むプラズマに曝すことによって

5 行われる

半導体装置の製造方法。

1 3. (d) 基板の上面側に有機絶縁膜を形成する工程と、

10 (e) 前記有機絶縁膜を、窒素原子を含むプラズマでエッチング
して開口を形成する工程
とを備え、

前記 (e) 工程では、前記プラズマの発生の供給と遮断とが交互
に行われる

半導体装置の製造方法。

15

1 4. (d) 基板の上面側に有機絶縁膜を形成する工程と、

(e) 前記有機絶縁膜を、窒素原子を含むプラズマでエッチング
して開口を形成する工程
とを備え、

20 前記 (e) 工程が行われている間に、前記基板へのバイアスの供
給と遮断とが交互に行われる

半導体装置の製造方法。

1 5. (f) 有機絶縁膜を形成する工程と、

25 (g) 前記有機絶縁膜をエッチングして開口を形成する工程と、

(h) 前記開口を形成した後、前記有機絶縁膜を、窒素原子を含
むプラズマに曝す工程

とを備えた

半導体装置の製造方法。

16. (i) 有機化合物により第1層間絶縁膜を形成する工程と、
(j) 前記第1層間絶縁膜の上面側に、有機化合物により第2層間絶縁膜を形成する工程と、

5 (k) 前記第2層間絶縁膜を貫通する配線溝と、前記第1層間絶縁膜を貫通するビア孔とを、一のエッチングプロセスによって形成する工程と、

(l) 前記配線溝の側壁と前記ビア孔の側壁とに、窒素原子を含む改質部を形成する工程と、

10 (m) 前記(d)ステップの後、前記配線溝と前記ビア孔とを、導体によって埋め込む工程
とを備えた

半導体装置の製造方法。

15 17. 請求の範囲第16項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記改質部は、更に、フッ素原子を含み、

前記フッ素原子の濃度は、前記窒素原子の濃度よりも低い

半導体装置の製造方法。

20

18. 請求の範囲第17項に記載の半導体装置の製造方法において、

前記配線溝と前記ビア孔とのエッチングでは、窒素ガスとフルオロカーボンとを含むエッチングガスが使用され、前記(1)工程は、

25 前記(k)工程と同時に行われる

半導体装置の製造方法。

図 1

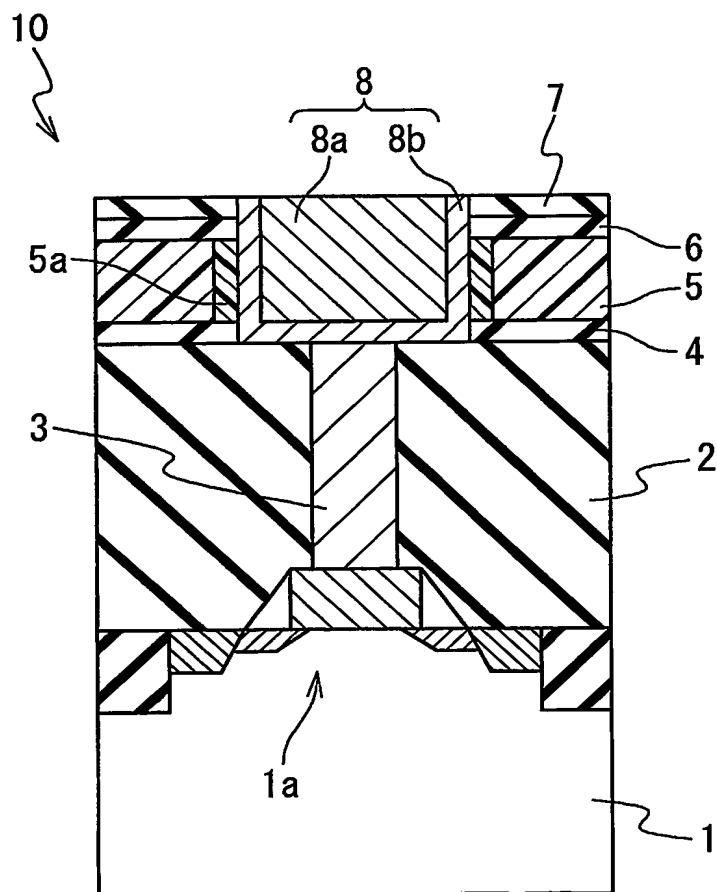


図 2

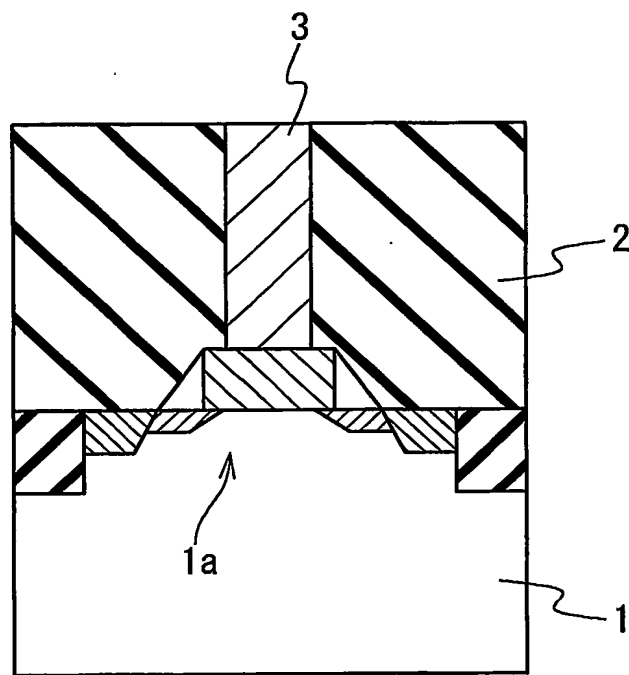


図 3

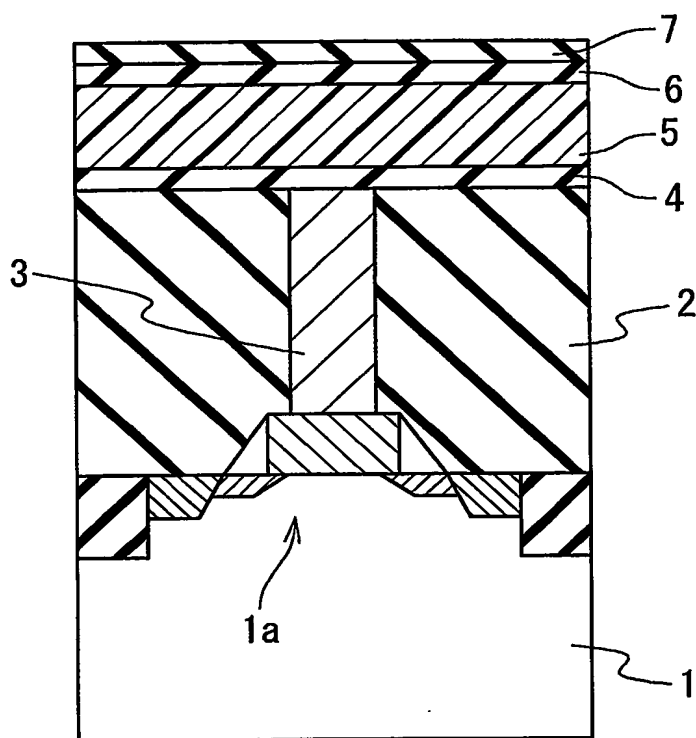


図 4

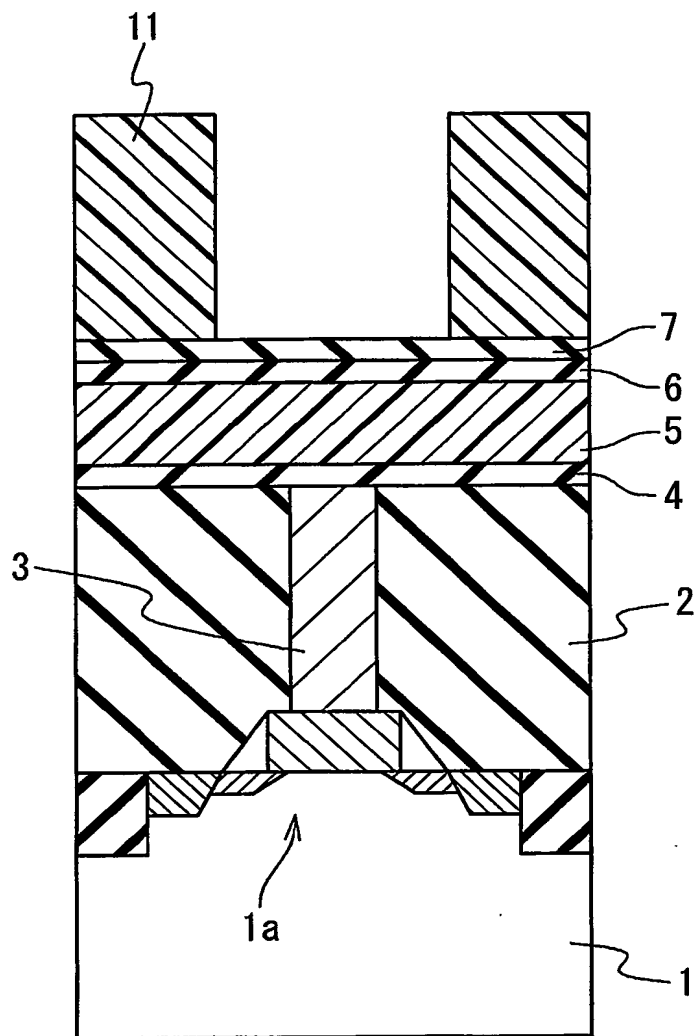


図 5

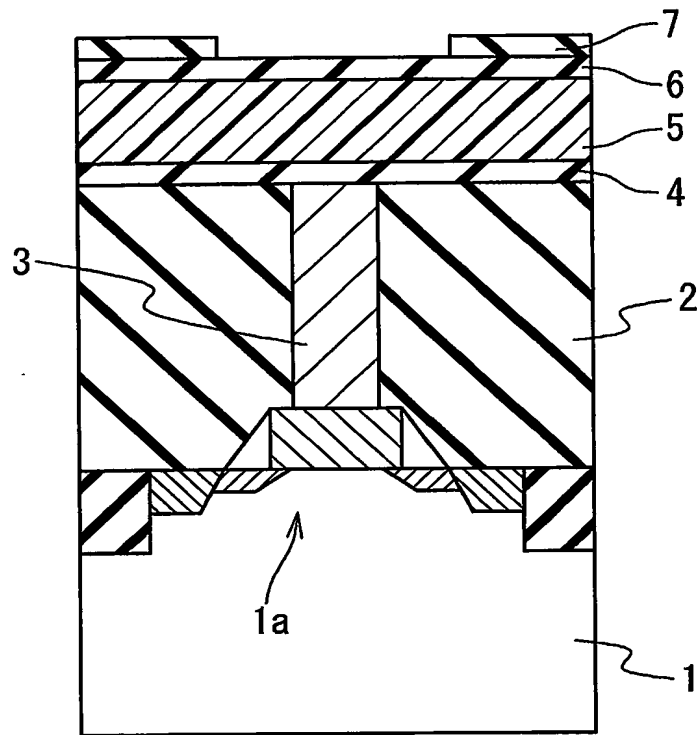


图 6

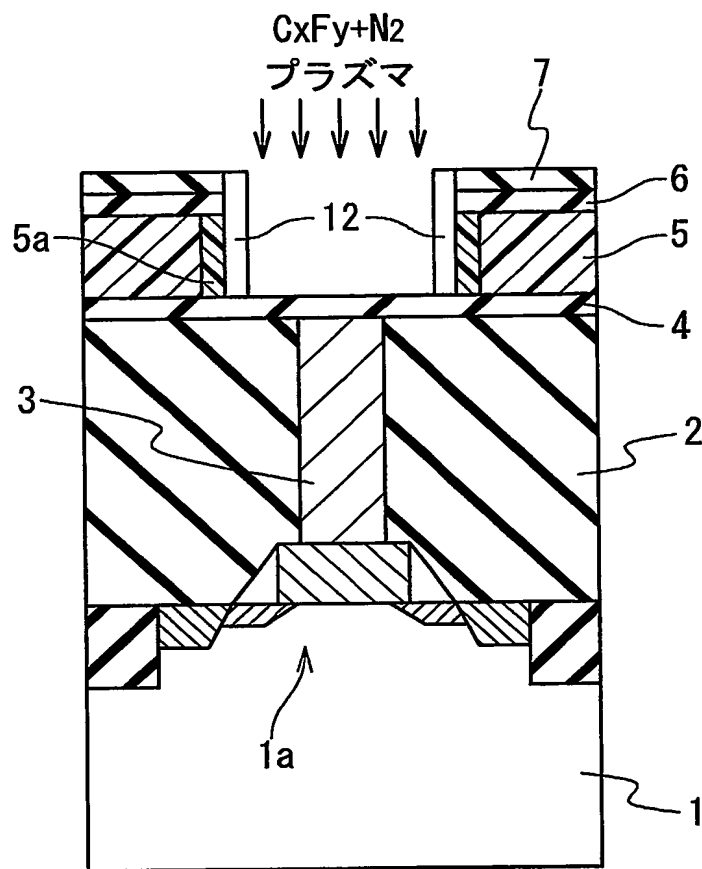


図 7

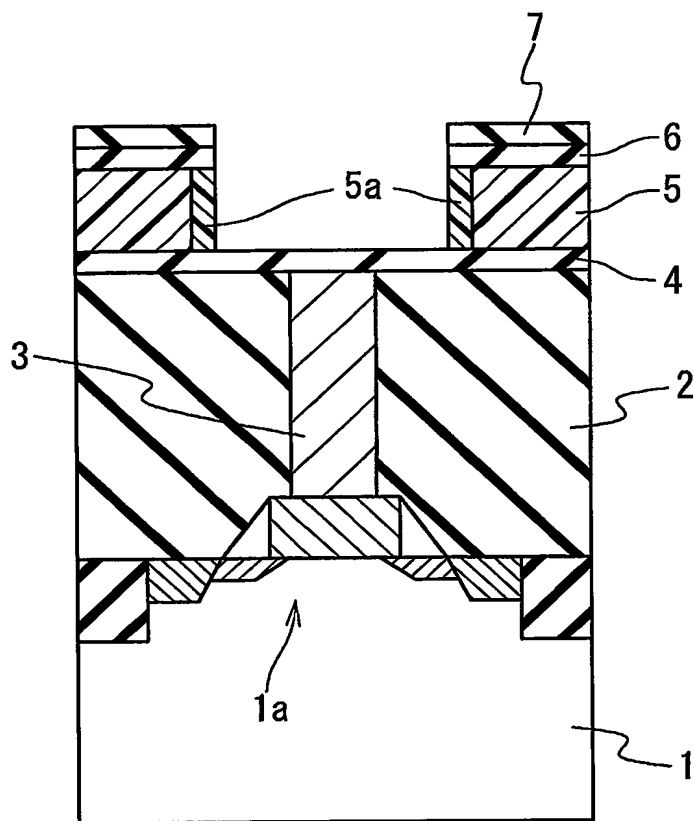


図 8

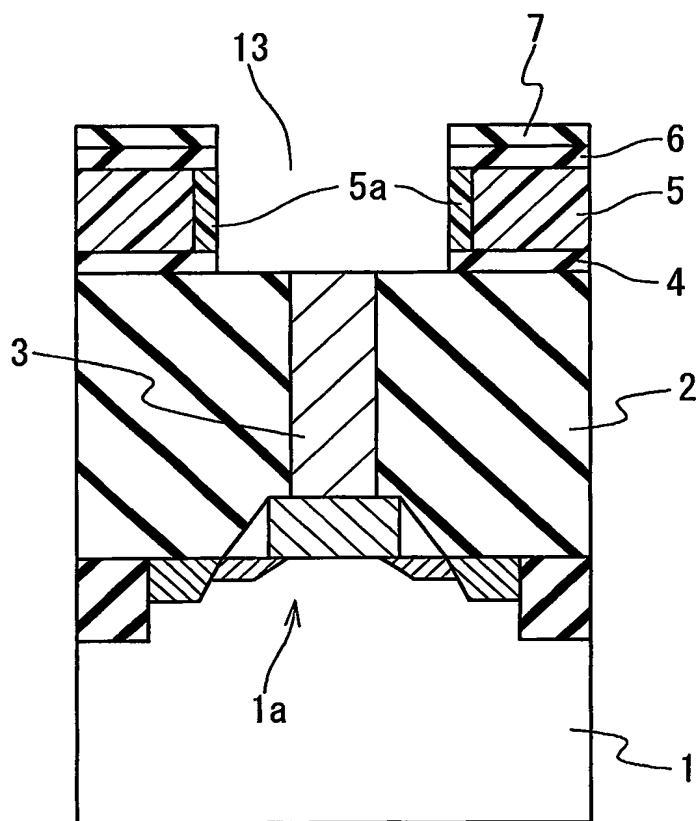


図 9

信号強度 (a. u.)	エッチング後	洗浄後
炭素 (C)	5151	5976
フッ素 (F)	2189	461
窒素 (N)	626	573

図 10

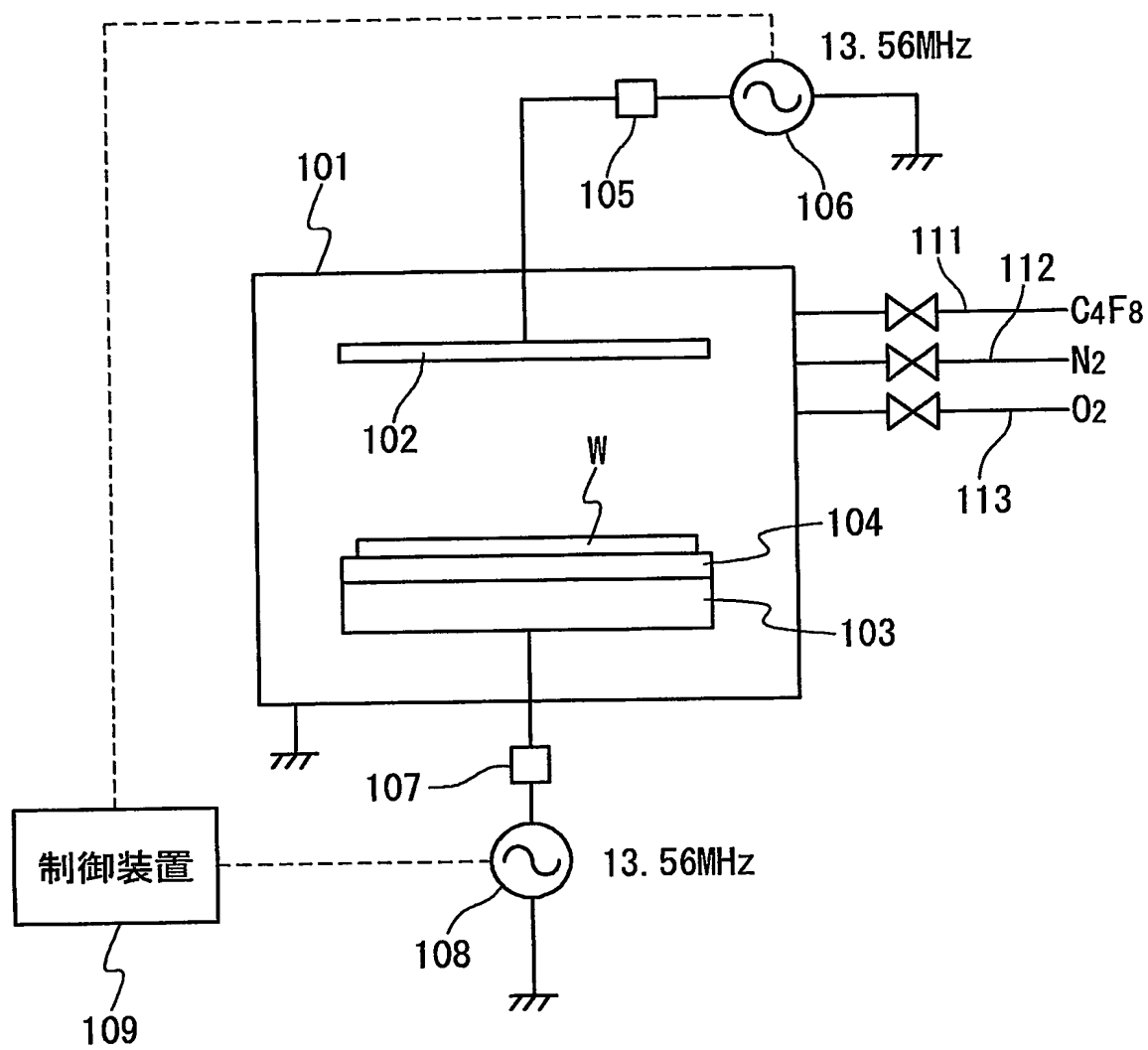


図 1 1

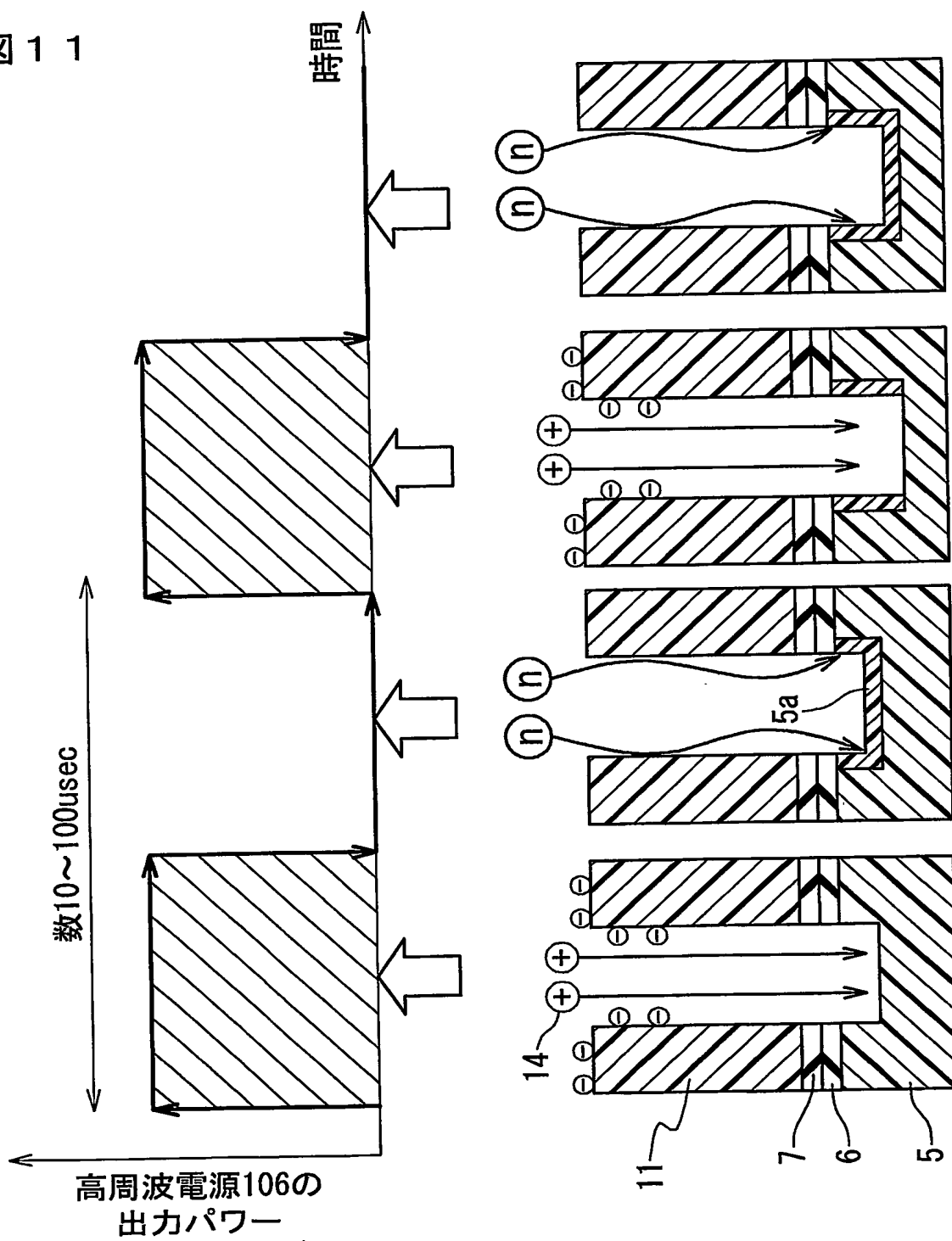


図 1 2

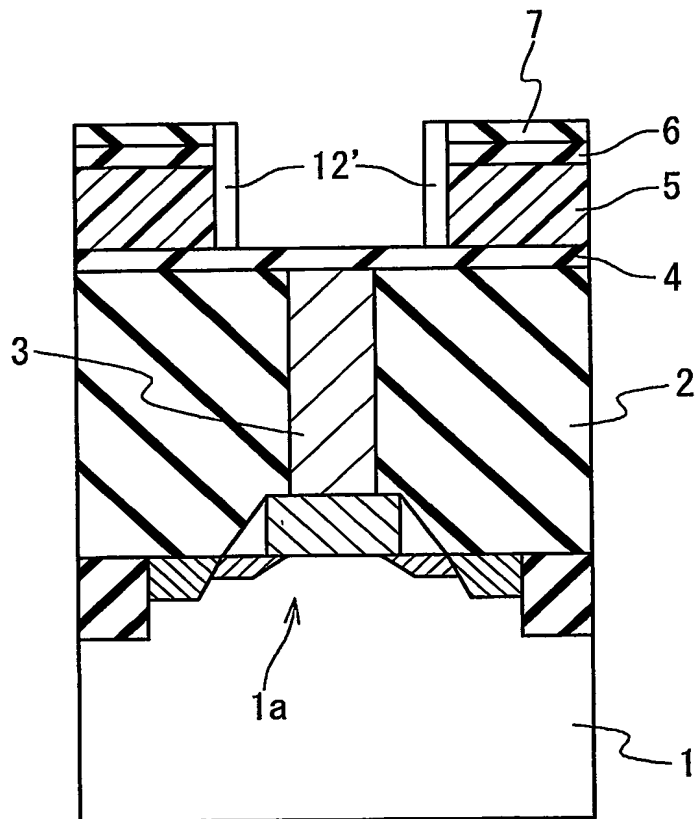


図 13

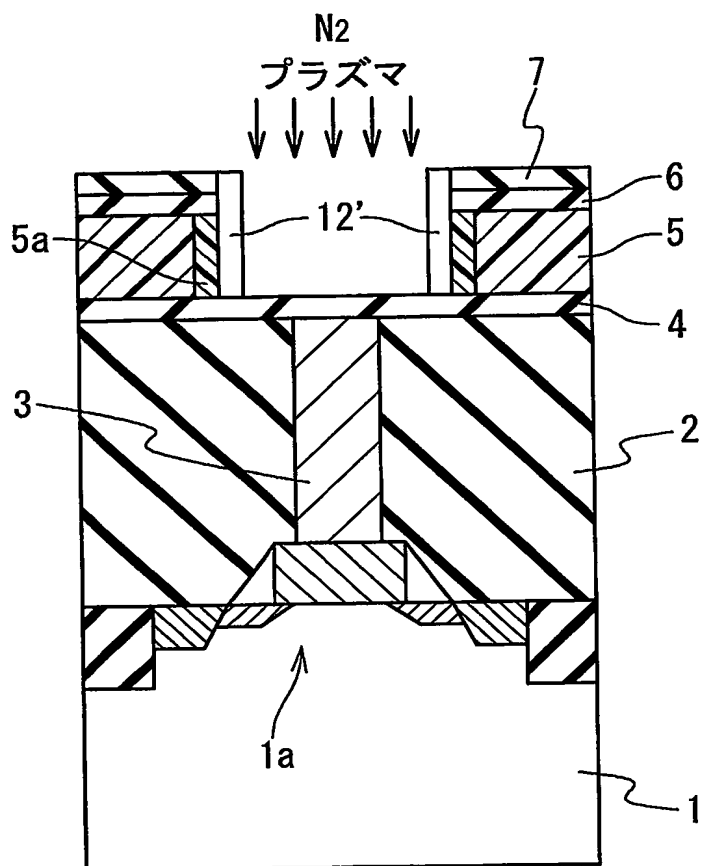


図 1 5

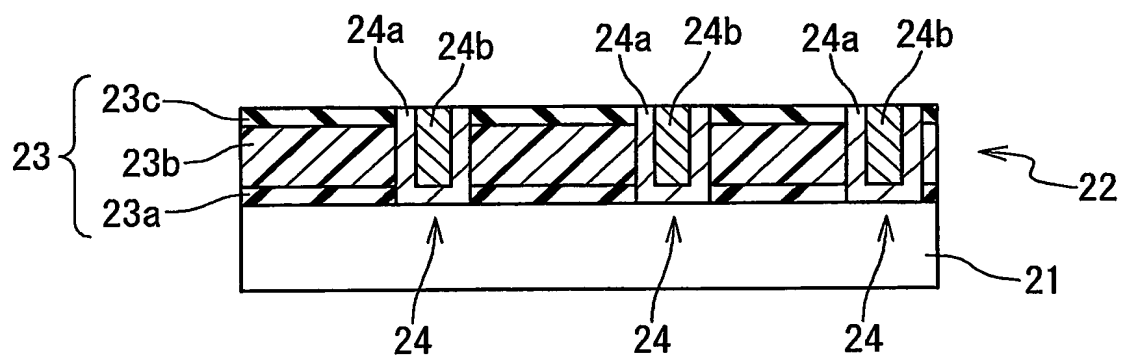


図 1 6

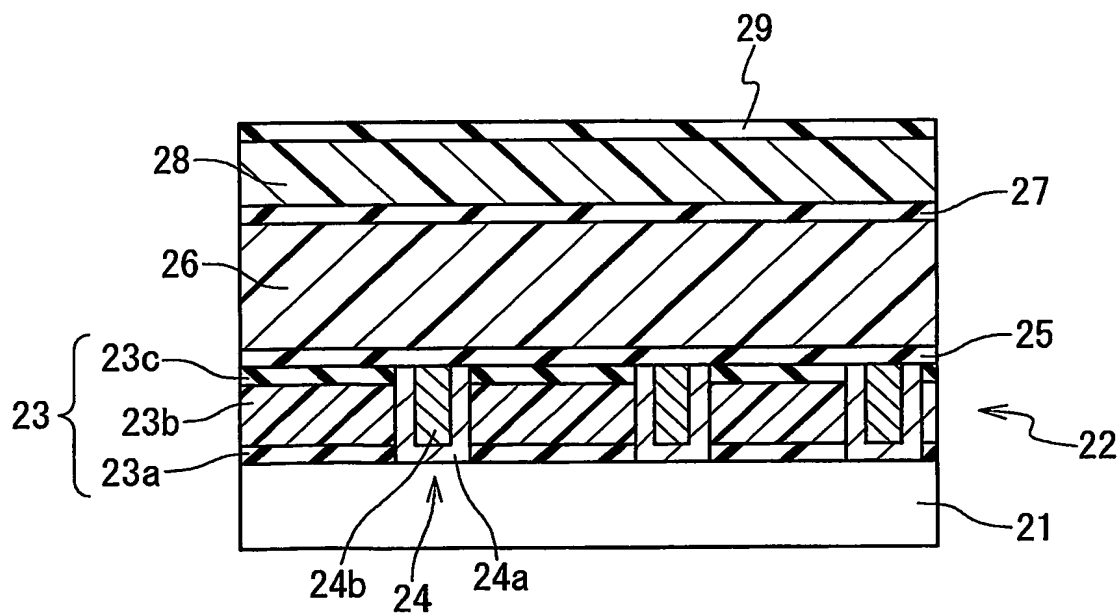


図 17

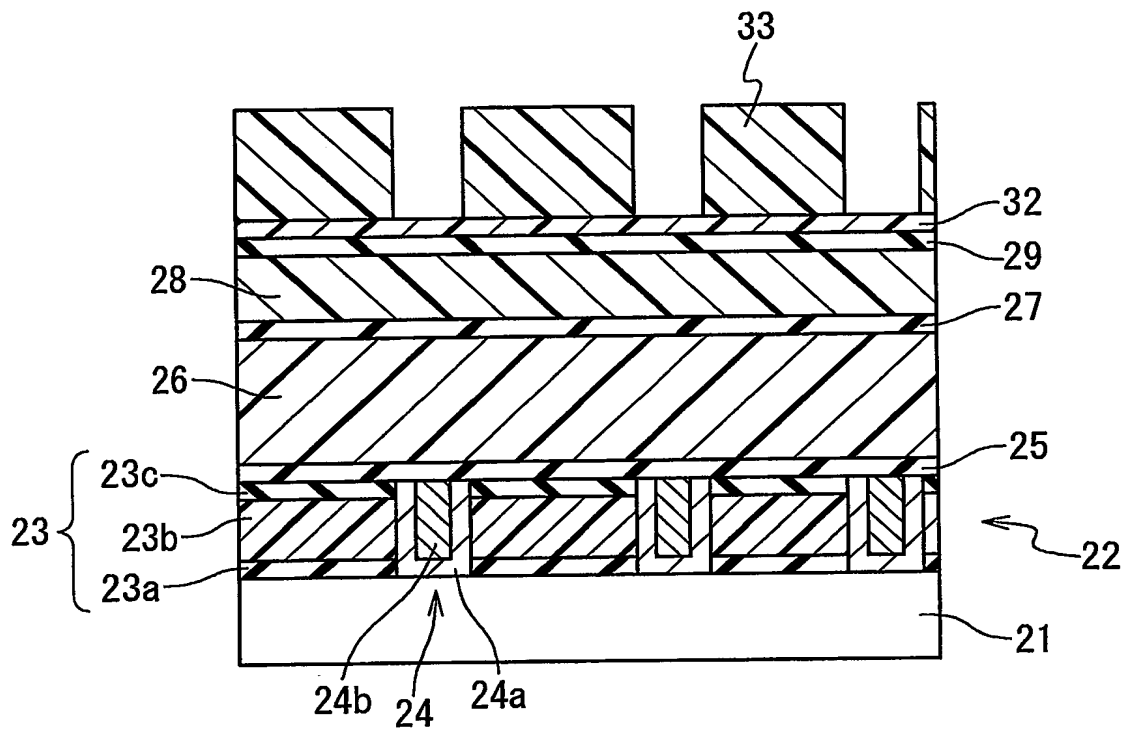


図 18

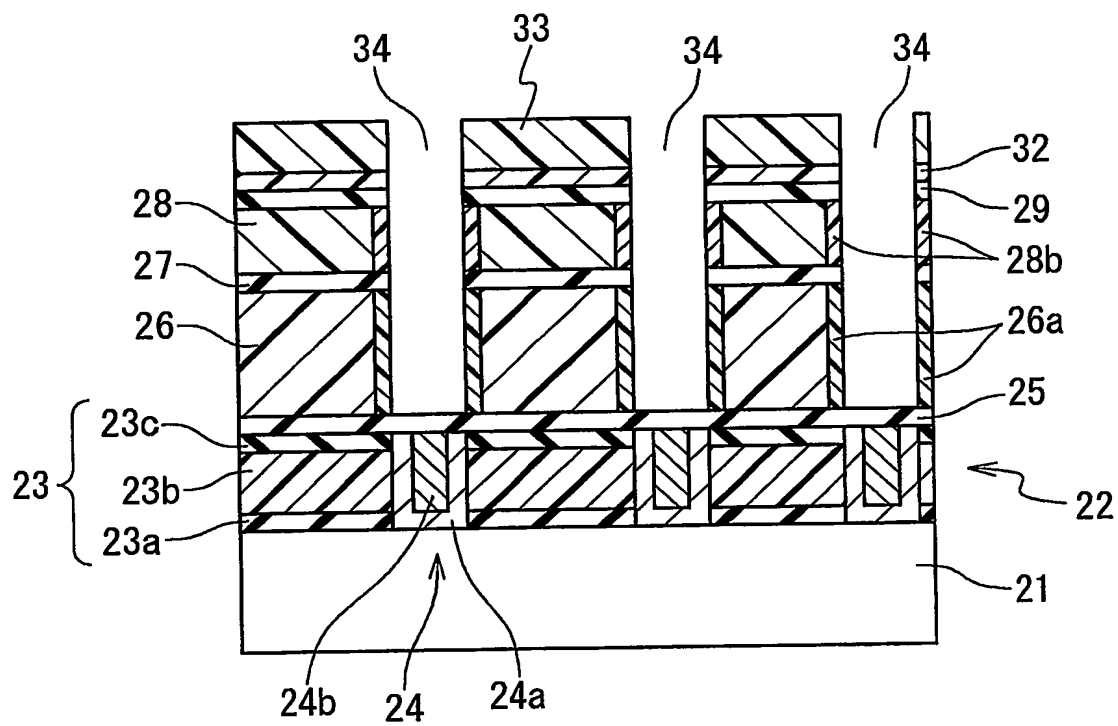


図 19

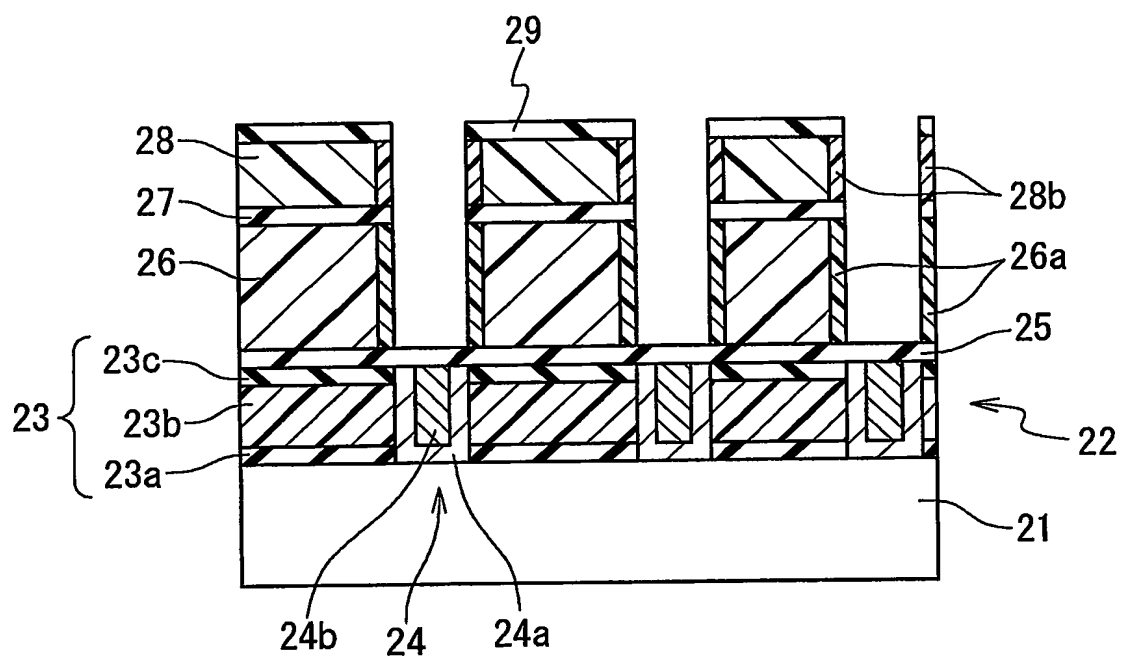


図 20

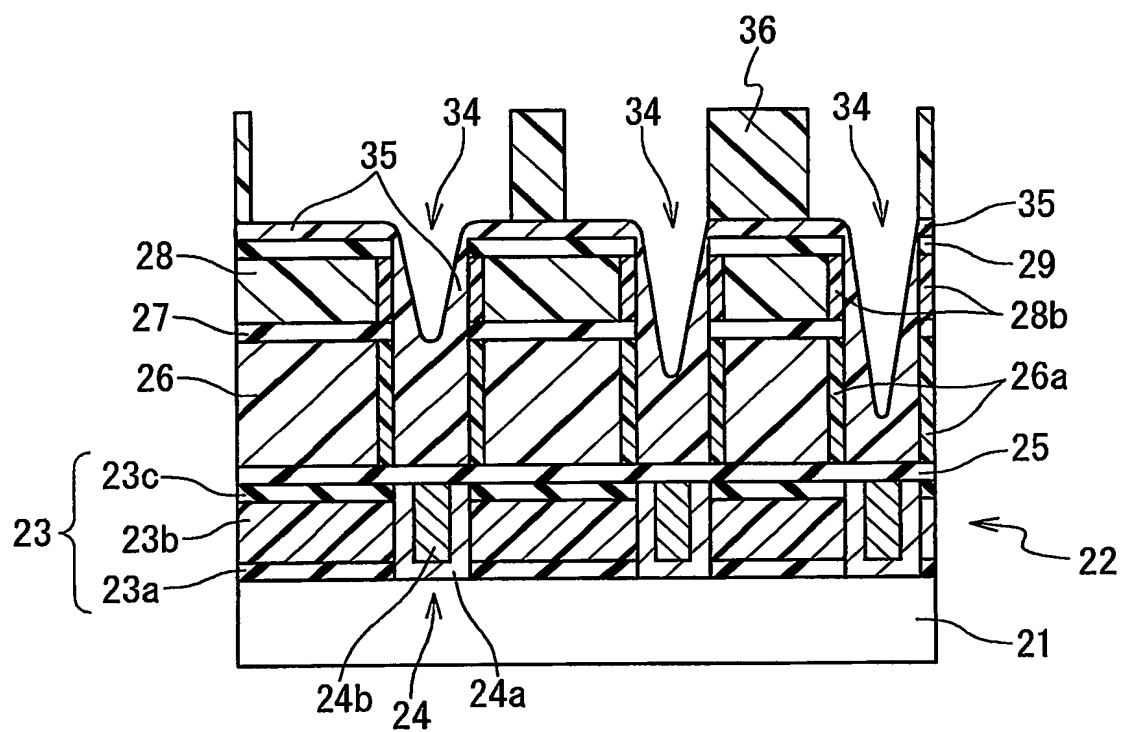


図 2 2

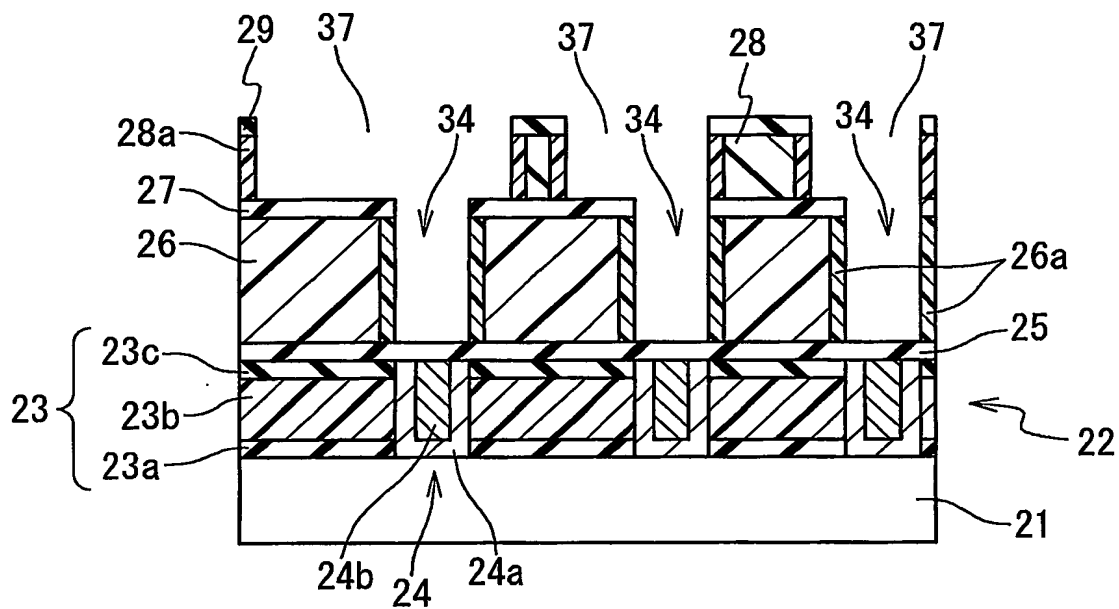


図 2 3

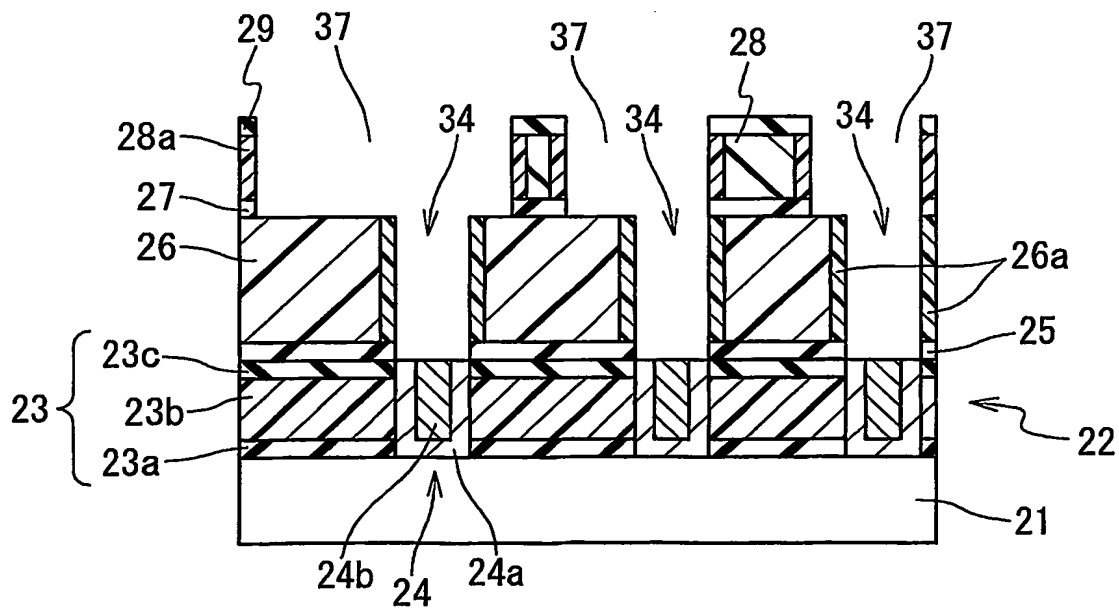


図 2 4

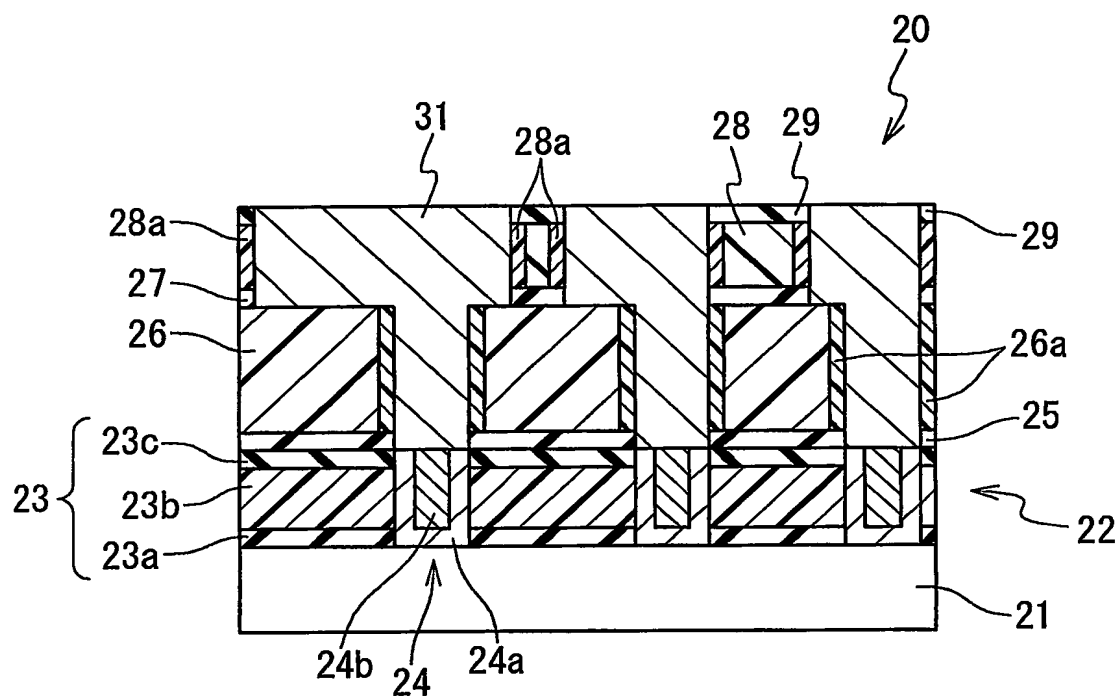


図 2 5

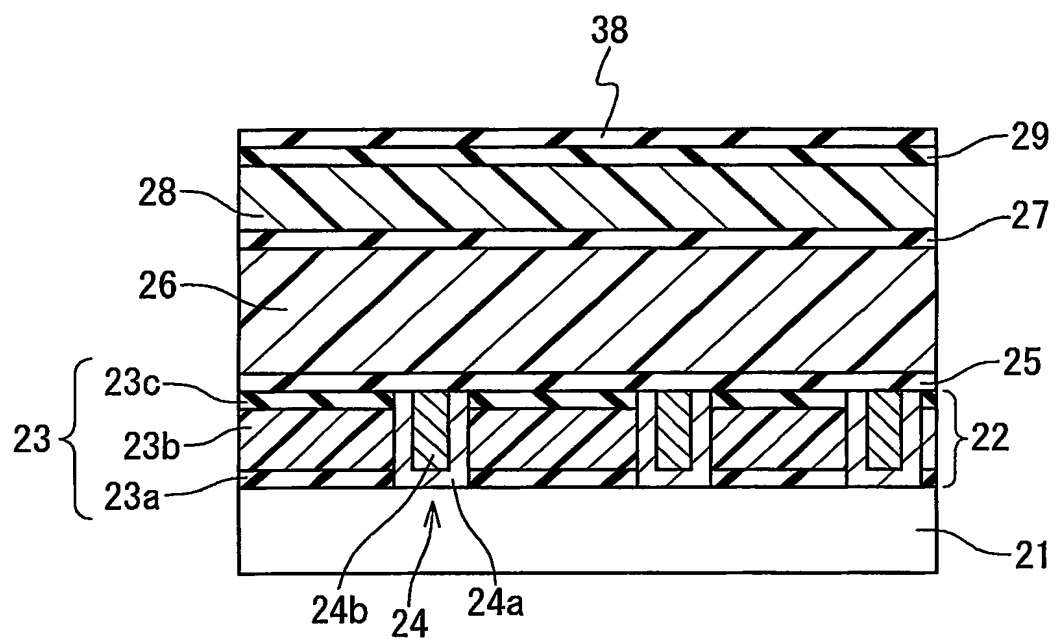


図 2 6

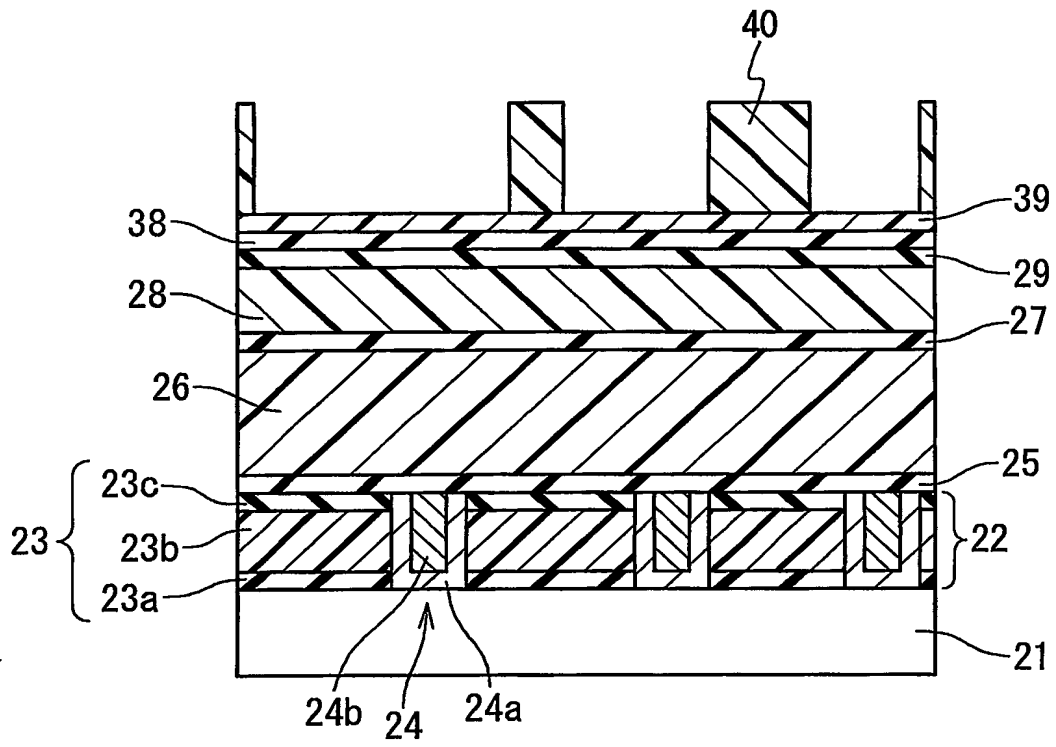


図 2 7

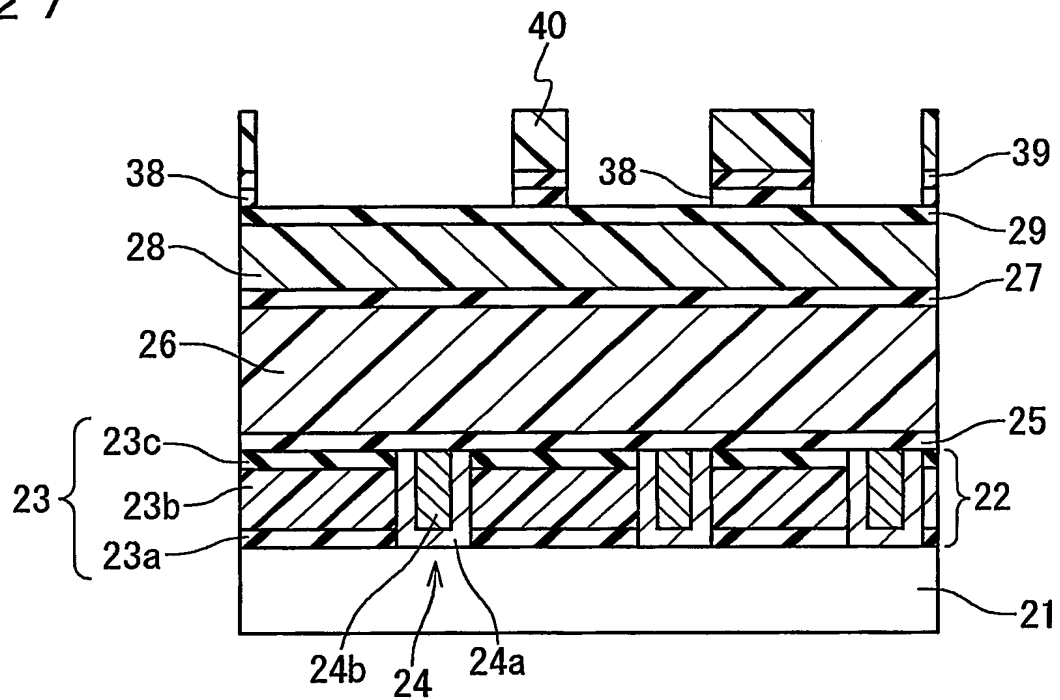


図 2 8

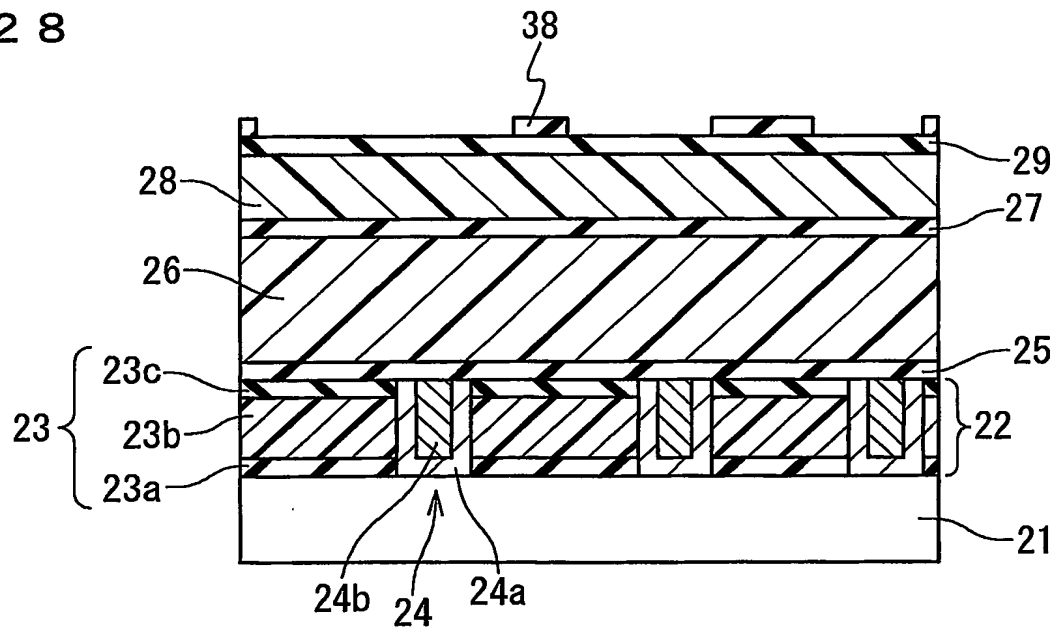


図 29

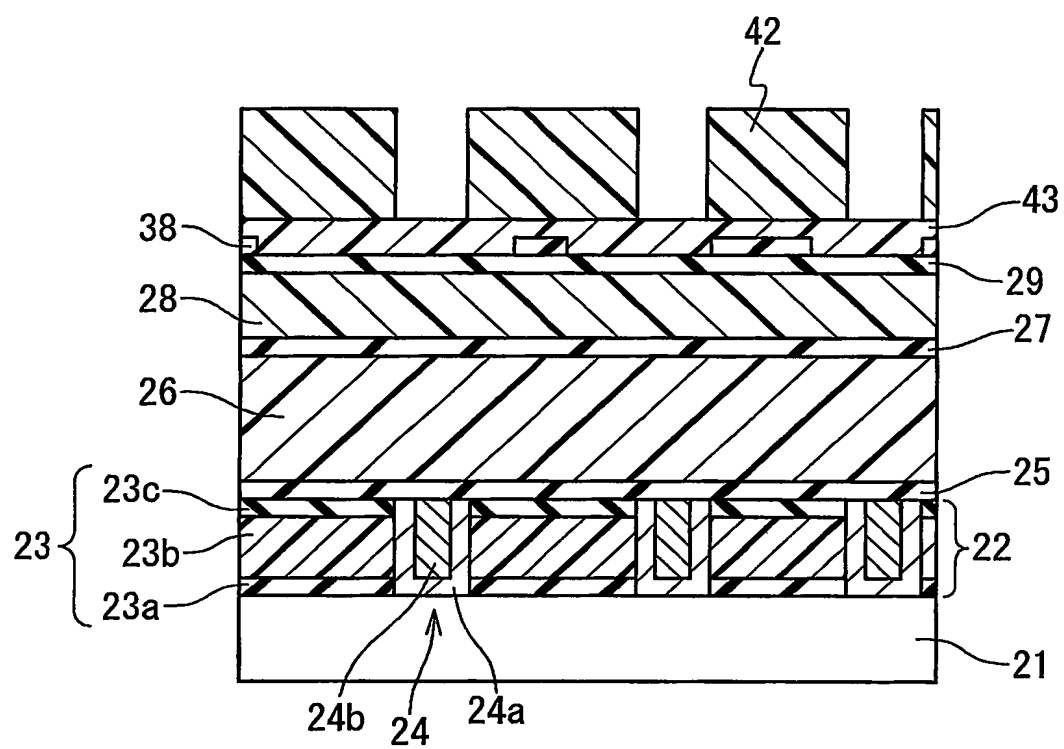


図 30

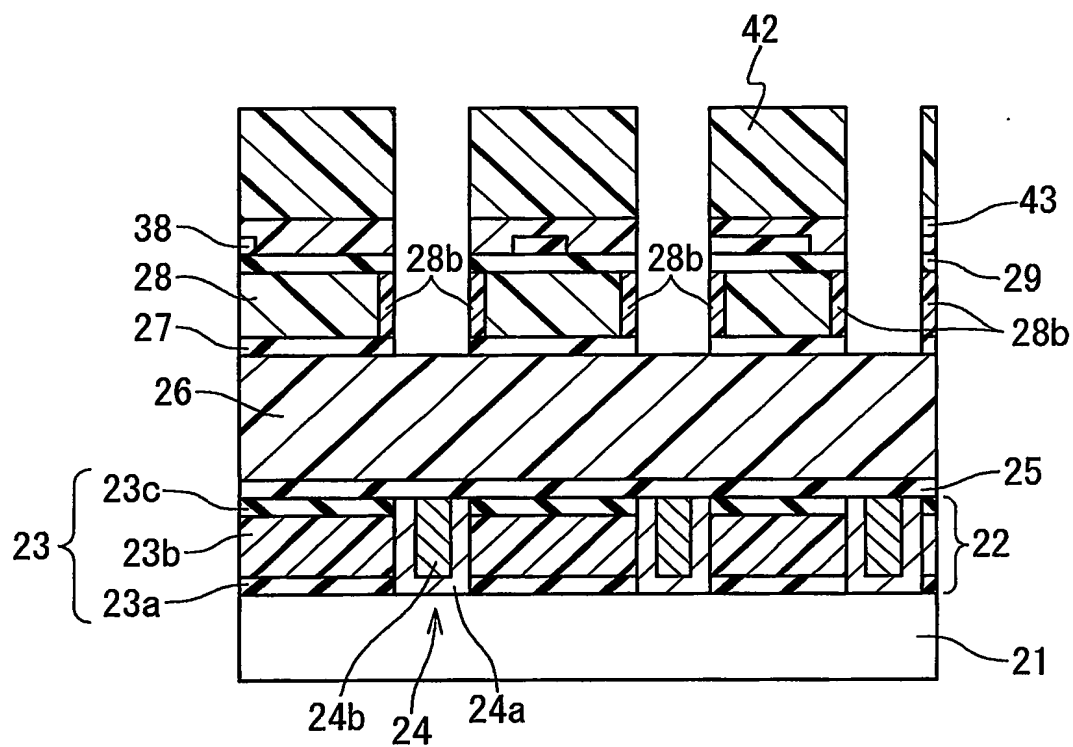


図 3 1

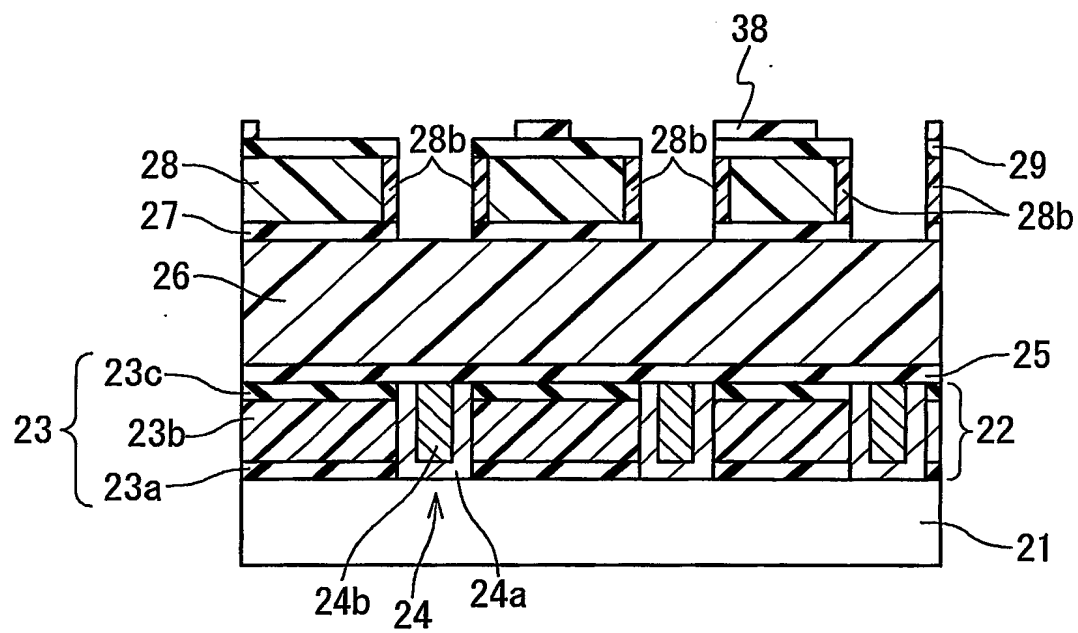
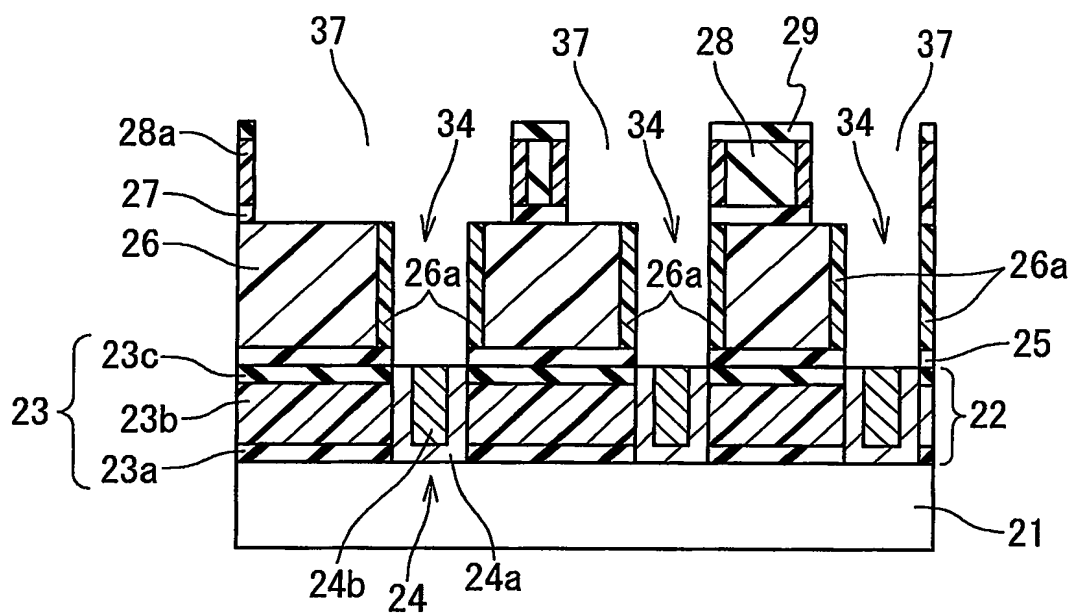


図 3 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/04063

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01L21/768, H01L21/302

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01L21/768, H01L21/302

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2000-114367 A (Matsushita Electronics Corp.), 21 April, 2000 (21.04.00), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 5, 12, 15, 16 2-4, 6-9, 17, 18
X Y	JP 10-125783 A (Sony Corp.), 15 May, 1998 (15.05.98), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1, 5, 12, 15, 16 2-4, 6-9, 17, 18
X Y	JP 11-297829 A (NEC Corp.), 29 October, 1999 (29.10.99), Full text; Figs. 1 to 6 & CN 1234605 A & KR 99083222 A	1, 5, 12, 15, 16 2-4, 6-9, 17, 18

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family</p>
--	---

Date of the actual completion of the international search
27 June, 2003 (27.06.03)

Date of mailing of the international search report
08 July, 2003 (08.07.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/04063

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 6114250 A (LAM RESEARCH CO.), 05 September, 2000 (05.09.00), Full text; Figs. 1 to 8 & JP 2002-522922 A Figs. 1 to 8 & WO 00/10199 A1 & EP 1116265 A1 & KR 1079655 A	1-9, 12, 15-18 10, 11, 13, 14
Y A	JP 2000-36484 A (Tokyo Electron Ltd.), 02 February, 2000 (02.02.00), Full text; Figs. 1 to 14 (Family: none)	1-9, 12, 15-18 10, 11, 13, 14
P, X	JP 2003-92287 A (NEC Corp.), 28 March, 2003 (28.03.03), Full text; Figs. 1 to 8 (Family: none)	1, 5, 12, 15, 16
P, X	JP 2002-110788 A (Toshiba Corp.), 12 April, 2002 (12.04.02), Full text; Figs. 1 to 4 (Family: none)	1, 5, 12, 15, 16
A	JP 2001-351897 A (New Japan Radio Co., Ltd.), 21 December, 2001 (21.12.01), Full text; Figs. 1 to 13 (Family: none)	10, 11, 13, 14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H 0 1 L 2 1 / 7 6 8, H 0 1 L 2 1 / 3 0 2

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H 0 1 L 2 1 / 7 6 8, H 0 1 L 2 1 / 3 0 2

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P 2 0 0 0 - 1 1 4 3 6 7 A (松下電子工業株式会社) 2 0 0 0 . 0 4 . 2 1, 全文, 第1-4図 (ファミリーなし)	1, 5, 12, 15, 16 2-4, 6-9, 17, 18
X Y	J P 1 0 - 1 2 5 7 8 3 A (ソニー株式会社) 1 9 9 8 . 0 5 . 1 5, 全文, 第1-8図 (ファミリーなし)	1, 5, 12, 15, 16 2-4, 6-9, 17, 18

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27. 06. 03

国際調査報告の発送日 08.07.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA / JP)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

齋藤 恭一



4 L

8 1 2 2

電話番号 03-3581-1101 内線 3498

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	J P 1 1 - 2 9 7 8 2 9 A (日本電気株式会社) 1 9 9 9 . 1 0 . 2 9 , 全文, 第 1 - 6 図 & C N 1 2 3 4 6 0 5 A & K R 9 9 0 8 3 2 2 2 A	1, 5, 12, 15, 16 2-4, 6-9, 17, 18
Y A	US 6 1 1 4 2 5 0 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 2 0 0 0 . 0 9 . 0 5 , 全文, 第 1 - 8 図 & J P 2 0 0 2 - 5 2 2 9 2 2 A , 第 1 - 8 図 & W O 0 0 / 1 0 1 9 9 A 1 & E P 1 1 1 6 2 6 5 A 1 & K R 1 0 7 9 6 5 5 A	1-9, 12, 15-18 10, 11, 13, 14
Y A	J P 2 0 0 0 - 3 6 4 8 4 A (東京エレクトロン株式会社) 2 0 0 0 . 0 2 . 0 2 , 全文, 第 1 - 1 4 図 (ファミリーなし)	1-9, 12, 15-18 10, 11, 13, 14
PX	J P 2 0 0 3 - 9 2 2 8 7 A (日本電気株式会社) 2 0 0 3 . 0 3 . 2 8 , 全文, 第 1 - 8 図 (ファミリーなし)	1, 5, 12, 15, 16
PX	J P 2 0 0 2 - 1 1 0 7 8 8 A (株式会社東芝) 2 0 0 2 . 0 4 . 1 2 , 全文, 第 1 - 4 図 (ファミリーなし)	1, 5, 12, 15, 16
A	J P 2 0 0 1 - 3 5 1 8 9 7 A (新日本無線株式会社) 2 0 0 1 . 1 2 . 2 1 , 全文, 第 1 - 1 3 図 (ファミリーなし)	10, 11, 13, 14

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.